

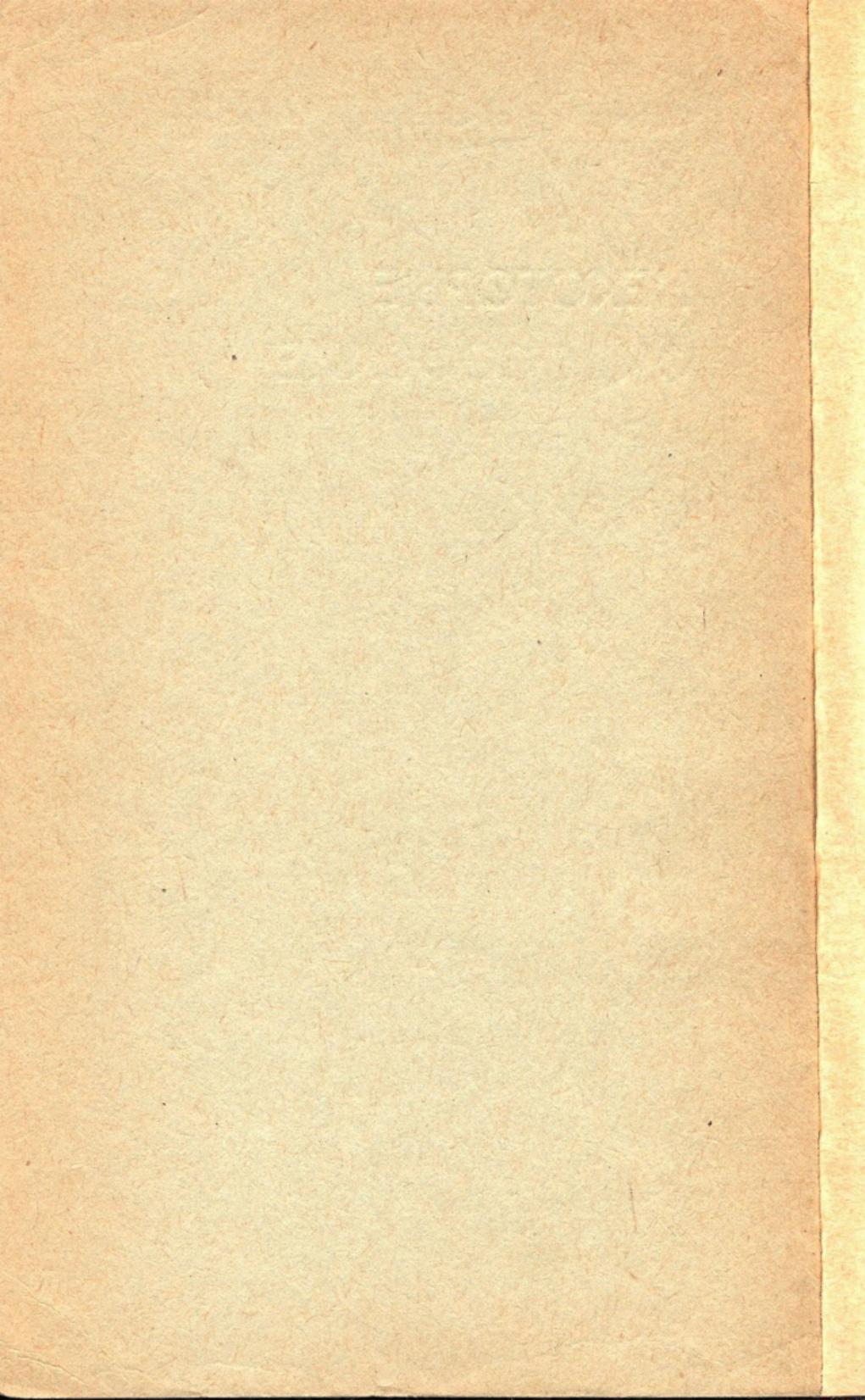
ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ»

---

НЕКОТОРЫЕ  
ФИЛОСОФСКИЕ  
ПРОБЛЕМЫ  
ФИЗИКИ

ВЫПУСК III.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
Москва 1970



**ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ»**

---

*Научно-методический совет по пропаганде  
марксистско-ленинской философии*

# **НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ**

**ВЫПУСК III**

**Пространство и время.  
Законы сохранения.**

**Издательство «ЗНАНИЕ»  
Москва 1970**

## СОДЕРЖАНИЕ

Я. Ф. Аскин. В. И. Ленин и проблема всеобщности времени и пространства . . . . .	3
А. М. Мостепаненко. Проблема онтологического статуса пространственно-временного описания и принцип неисчерпаемости материи	16
М. Д. Ахундов. О соотношении прерывности и непрерывности пространства и времени в современной физике микромира . . . . .	25
Р. А. Аронов. Материальные взаимодействия и прерывность пространства и времени . . . . .	35
Э. А. Казаков. Связь понятия симметрии с основными законами и методами физики . . . . .	48
Б. Галимов. Логико-гносеологическое содержание категорий симметрии и асимметрии . . . . .	58
В. Г. Сидоров. О соотношении абсолютного и относительного в содержании теоремы Э. Нёттер . . . . .	65
А. И. Панченко. Гносеологическая функция понятия непрерывности в современной физике . . . . .	76
Э. М. Чудинов. О философской оценке конечных моделей в релятивистской космологии . . . . .	90
В. Б. Берестецкий. Обращение времени и физика элементарных частиц . . . . .	101
В. П. Бранский. Принцип неисчерпаемости материи и некоторые философские вопросы современной физики . . . . .	110
А. М. Мостепаненко. О критериях адекватности пространственно-временного описания	117

## НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ

Выпуск III

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ. ЗАКОНЫ  
СОХРАНЕНИЯ

Составитель Э. М. Чудинов

Ответственный за выпуск старший референт Правления  
Всесоюзного общества «Знание» Д. П. Целищев

Редактор Л. К. Кравцова

Техн. редактор Т. В. Самсонова

Корректор Г. К. Храпова

А 05130. Сдано в набор 1/IX 1970 г. Подписано к печати 24/XI 1970 г.  
Формат бумаги 84×108<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Бум. л. 2,0. Печ. л. 4,0. Условн. печ. л. 6,72. Уч.-изд. л. 6,56. Тираж 10 000 экз. Издательство «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 2080. Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.  
Цена 19 коп.

**Я. Ф. АСКИН,**  
доктор философских наук

## **В. И. ЛЕНИН И ПРОБЛЕМА ВСЕОБЩНОСТИ ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВА**

---

Диалектико-материалистическая философия характеризуется органическим единством онтологического и гносеологического подходов к действительности. Поскольку формы и законы познания рассматриваются как отражение форм и законов бытия, поскольку естествознание, исследование познания должно исходить из определенного представления об объективном мире. Разрабатывая теорию познания, необходимо опираться на научные знания о том, что представляет собой мир, который познается. Иначе говоря, гносеология имеет определенные онтологические предпосылки. С другой стороны, философская теория объективного мира разрабатывается в диалектическом материализме не умозрительно, а на основании результатов познания, на основании обобщения данных наук. Стало быть, онтологический подход должен учитывать характер познания, его особенности, то есть исходить из определенных гносеологических предпосылок.

Одной из важнейших онтологических проблем марксистско-ленинской философии является проблема форм бытия (существования) материи, к числу которых наряду с движением относятся время и пространство. Диалектико-материалистический анализ категорий времени и пространства предполагает выявление философского содержания этих категорий с учетом результатов познания пространственно-временных свойств, которые осуществляют частные науки.

Среди естественнонаучного материала, затрагивающего проблемы времени и пространства, обращают на себя внимание предложенные в шестидесятые годы рядом физиков (Циммерманом, Чу, Тати и некоторыми другими) такие программы разработки теории элемен-

тарных частиц, которые предполагают отказ от употребления пространственно-временных представлений. В высказываниях этих авторов вырисовывается такая картина микромира, где не фигурируют время и пространство (последние рассматриваются как сугубо макроскопические понятия, типа, скажем, температуры).

Прежде всего подчеркнем, что не дело философов предрешать судьбу каких-либо вариантов построения физических теорий элементарных частиц. Решающее слово здесь принадлежит физикам, которые весьма холодно встречают идею отказа от использования понятий времени и пространства в физике элементарных частиц<sup>1</sup>. Однако вопрос заключается в том, какие философские выводы следует сделать из появления в физике вышеуказанных программ построения теории микроявлений. Имеем ли мы дело с одними из дополнительных (комплементарных) теорий, которые дают лишь ограниченный «слепок» с каких-то одних сторон, черт, свойств микропроцессов, абстрагируясь от других, в данном случае от пространственно-временных черт этих процессов (что, вообще-то говоря, философски вполне объяснимо), или же мы должны сделать вывод о том, что в микромире действительно отсутствуют время и пространство. Иначе говоря, следует ли рассматривать описание микроявлений вне времени и пространства как определенный познавательный, методический прием (типа понятия движения элементарной частицы вспять во времени, выдвинутого советским физиком Г. А. Зисманом и американским ученым Р. Фейнманом) или же подобное представление микроявлений нужно онтологизировать, присвоить самому объективному миру.

Этот вопрос имеет большое значение для философии. Стремление утвердить в качестве всеобщего принципа мысль о том, что сфера действия понятий времени и пространства ограничена лишь макроскопическим уровнем и не включает в себя область микроявлений, неизбежно окажется связанным с отказом от признания всеобщности времени и пространства. Но эти последние

<sup>1</sup> Характерны, в частности, высказывания ведущих представителей физической науки при обсуждении идей Чу на дискуссии в Женеве (см., напр., О теоретических аспектах физики элементарных частиц.— «Успехи физических наук», 1965, т. 85, вып. 4).

являются одними из фундаментальных философских категорий и обсуждать их всеобщность, очевидно, нельзя без учета места, которое они занимают в философской системе, выражающей в обобщенной форме основные черты научной картины мира и процесса познания. Здесь уместно вспомнить замечание М. Борна, который, имея в виду такие понятия, как время и пространство, сказал, что они «вовсе не являются исключительной принадлежностью физики»<sup>1</sup>.

Кроме того (и это в данном случае является главным), необходимо ясно отдавать себе отчет в том, что обсуждение всеобщего характера времени и пространства есть, по существу, не более и не менее как обсуждение их значения в качестве философских категорий вообще, ибо статус последних органически связан с признаком всеобщности. Философские категории потому, в частности, и являются философскими, что они носят всеобщий характер и стоит только ограничить время и пространство лишь какой-либо одной областью действительности, как тем самым ставится под вопрос само признание времени и пространства философскими категориями. Следовательно, вопрос о том, распространяется действие понятий времени и пространства на весь мир или же оно ограничено лишь одной сферой последнего (макроявлений), является очень важным для философии вопросом (хотя на первый взгляд он представляется настолько специальным вопросом, что может показаться, будто этот спор может интересовать лишь физиков-специалистов по элементарным частицам и решаться без всякого участия философии).

Сразу же отметим, что, на наш взгляд, утверждения, ограничивающие сферу времени и пространства какими-либо одними структурными уровнями материи и лишающие пространственно-временных свойств другие структурные уровни материи, являются столь же несостоятельными, как аналогичные утверждения, примененные к эволюции материи, лишавшие бы пространственно-временного бытия какие-либо из этапов развития материи. Представляется, таким образом, что нет оснований для того, чтобы онтологизировать, приписывать объек-

---

<sup>1</sup> М. Борн. Физика в жизни моего поколения. М., Изд-во иностр. лит., 1963, стр. 41.

тивному миру концепцией микропроцессов, лишенных пространственно-временных характеристик, даже если эта концепция и способна, возможно, в качестве определенной условности иметь значение для разработки каких-либо методик изучения отдельных свойств этих процессов. Однако тот факт, что ведутся споры по этому поводу, и то, что утверждения о сугубо макроскопическом характере времени и пространства встречают поддержку некоторых из философов (участники симпозиумов по философским вопросам физики 1966—1969 гг. в Киеве, Дубне, Долгопрудном могли убедиться в этом), выявляют действительную проблему: необходимость четкого представления времени и пространства как философских категорий. Это требует их обобщенного определения и выявления органического места их в системе философской концепции диалектического материализма настолько, чтобы в ней было совершенно бесспорным наличие времени и пространства наряду с другими фундаментальными философскими категориями.

В литературе уже выдвигались возражения против признания за временем и пространством исключительно макроскопического характера<sup>1</sup>. Нам хотелось бы подчеркнуть то обстоятельство, что стремление из утверждений о возможности построения теорий микропроцессов без употребления понятий времени и пространства сделать философские выводы о том, что указанные понятия лишены всеобщности, связано с недостаточным учетом различия между философскими категориями и понятиями частных наук, в данном случае — физики. Пространственно-временные отношения являются предметом изучения частных наук и вместе с тем время и пространство — одни из основных категорий философии, поскольку они выражают атрибутивные формы бытия материи. Предположения физиков (Чу и других) обуславливают известную остроту, с которой проблема соот-

<sup>1</sup> См., напр., Я. Ф. Аскин. Проблема необратимости времени. — «Вопросы философии», 1964, № 12; Я. Ф. Аскин. Проблема времени в физике и диалектическая концепция развития. — В кн.: Пространство и время в современной физике. Киев, «Наукова думка», 1968; В. С. Барашенков. Актуальные философские вопросы физики элементарных частиц. — «Вопросы философии», 1966, № 9; В. И. Свидерский. Можно ли считать пространство и время только макроскопическими формами бытия материи? — «Философские науки», 1967, № 2.

Ношения философских категорий и соответствующих понятий частных наук встает применительно к категориям времени и пространства. Эта проблема в случае рассматриваемых категорий осложнена одной трудностью, о которой следует напомнить.

Употребление философских категорий неизбежно предполагает, причем в качестве первого и одного из основных условий, учет их специфики по сравнению с категориями, понятиями частных наук. Очевидна недопустимость отождествления философских категорий с понятиями частных наук, сведение первых ко вторым. В связи с этим обращает на себя внимание трудность философии как отрасли знания, которая заключается в том, что философские термины в немалом числе случаев совпадают с терминами частных наук, а также со словами обыденного языка.

Деление категорий на нефилософские (категории частных наук) и философские носит в каждый период достаточно определенный характер, хотя оно не остается неизменным с течением времени. Одни понятия, считавшиеся ранее философскими, перестают ими быть, а другие приобретают статус философских категорий. Примером в этом отношении может служить категория «структур».

Философские категории, возникнув из обобщения частных явлений, несут на себе печать своего происхождения в том, что выражаются при помощи понятий специальных отраслей знания, обозначающих эти частные явления. Терминологическая общность философских категорий и понятий частных наук может быть и следствием первоначальной нерасчлененности человеческого знания и продуктом возникновения частных наук в процессе их «отпочкования» от философии.

Среди большой группы философских категорий, которые по своей словесной оболочке совпадают с соответствующими понятиями частных наук, мы находим ряд фундаментальных категорий диалектического материализма, в том числе время и пространство. Правильный подход к подобного рода категориям и соответственно выявление их истинного философского статуса составляет один из важнейших уроков, который дает обсуждение В. И. Лениным понятия «материя» в его труде «Материализм и эмпириокритицизм».

В. И. Ленин выяснил, что одной из причин утверждений о «дематериализации» мира, якобы вытекающей из открытий физики конца XIX—начала XX столетий, было отождествление философской категории материи с тем естественнонаучным содержанием, которое вкладывала в этот термин физика. Ленинское определение материи как философской категории, содержанием которой является обозначение объективной реальности, существующей независимо от человеческого сознания и отображаемой им, показывает всю методологическую значимость той грани, которая отделяет от понятий частных наук категорию философии, находящиеся на уровне максимальной обобщенности и отвлеченности от частных признаков и свойств. Согласно ленинскому определению материи нельзя сводить философскую категорию, находящуюся на уровне всеобщности, к совокупности признаков, характеризующих понятия частных областей знания, находящихся на уровне особенного (хотя, разумеется, в своем генезисе философские понятия связаны с понятиями частных наук).

Термин «материя» в смысле «вещество» и, следовательно, «материальность» в смысле «вещественность» употребляется и сейчас в физической и химической специальной литературе и фигурирует в таком значении как в русском языке<sup>1</sup>, так и в других языках (например, английское «matter»). С этим обстоятельством необходимо считаться как с фактом и учитывать его, когда, скажем, в специальной физической литературе встречаешься с таким выражением, как «антиматерия». Однако подобный параллелизм терминов не может и не должен приводить к отождествлению двух различных понятий, выраженных одними и теми же словами: материи как обозначения объективной реальности и материи как вещества. (Мы не говорим о специфическом смысле термина «материя» в логике, где речь идет о материальной импликации, а также об употреблении его в обыденном языке.)

Ленинское определение философской категории материи важно для понимания статуса философских категорий вообще. Вопросы, аналогичные проблеме опреде-

<sup>1</sup> См. З. Е. Александрова. Словарь синонимов русского языка. М., «Советская энциклопедия». 1969, стр. 221.

ления «материя», возникают нередко, хотя и, может быть, в менее драматичной и чреватой серьезными мировоззренческими выводами ситуацией. Терминологическая общность понятий служит одним из выражений взаимосвязи между философией и частными науками. Определенная связь между соответствующими философскими категориями и их «дублерами» в частных науках бесспорна, однако, как это и было показано В. И. Лениным относительно понятия материи, различие между ними имеет существенное методологическое и мировоззренческое значение. В этом нас убеждает и постановка проблемы о всеобщности времени и пространства в связи с некоторыми моментами развития физики элементарных частиц.

Философские категории времени и пространства не следует отождествлять с определенными физическими свойствами времени и пространства, присущими отдельным областям действительности. Исходя из философской точки зрения, следует сказать, что всеобщность времени и пространства не может быть поколеблена, подорвана открытием каких-либо особенностей отдельных объектов, отдельных областей действительности потому, что наличие времени и пространства обусловлено не какими-либо специальными, частными чертами тех или иных объектов, а самыми общими чертами бытия. Что касается особенностей различных областей материальной действительности, то они определяют специфику свойств времени и пространства на том или ином структурном уровне материи, в той или иной форме движения материи. Такова, например, дискретность времени и пространства, которая отчетливо выявляется на микроуровне, хотя, вообще говоря, о ее существовании может идти речь и применительно к времени и пространству в целом (единство прерывности и непрерывности времени и пространства). Можно говорить о специфических чертах, которые характеризуют пространственно-временные отношения в живой природе, об особенностях социального времени и тому подобное. Наличие времени и пространства связано с самыми общими способами бытия вещей. Именно с характеристикой этих способов бытия и «сводятся» время и пространство. Здесь можно провести известную аналогию по степени общности этих категорий с категорией материи: для того чтобы сказать, что дан-

ная вещь материальная, нужно лишь знать о ней, что она существует объективно, независимо от сознания.

Для того чтобы «ввести» категории времени и пространства и «получить» пространственно-временной мир, не нужно знать о вещах что-либо, характеризующее их особенности. Достаточно знать лишь то, что они объективно существуют и, кроме того, находятся в двойного рода отношениях: в отношении существования, которое определяет природу пространства, и в отношении последовательности смены их существований, которое определяет сущность времени.

Вот эти два типа отношений и дают нам пространство и время. Время и пространство характеризуются целым рядом свойств (и общих и частных). В процессе углубления человеческого познания в тайны движущейся материи выявляются новые свойства времени и пространства, вскрываются особенности пространственно-временных характеристик различных сторон действительности. Но для того, чтобы доказать, говоря языком математики, теорему существования относительно времени и пространства, нужно иметь два отмеченных выше самых общих способа бытия вещей.

В силу всеобщего характера времени и пространства определение их сущности оказывается возможным лишь на философском уровне познания. В частности, это отчетливо видно в случае времени, дать определение которого в самом естествознании оказывается невозможным. Так, Р. Фейнман, задавшись целью разобрать, «что мы понимаем под словом *время*. Что же это такое?», — приходит к заключению: «Быть может, следует признать тот факт, что время — это одно из понятий, которое определить невозможно...»<sup>1</sup>. «Дело, однако, не в том, как дать *определение* понятия «время», а в том, как его измерить»<sup>2</sup>, — говорит далее автор.

Указание на определенные свойства времени и на способы их измерения, на связь времени с периодическими процессами, с часами, со сменой суток и тому подобное — это также известный способ определить понятие времени, но определить его в естественнонаучном смысле.

<sup>1</sup> Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Вып. I, М., «Мир», 1965, стр. 86.

<sup>2</sup> Там же.

ле. Раскрытие же сущности временей как всеобщей формы бытия — дело философского исследования и в свете этого можно вполне понять затруднения в определении времени в рамках физики.

Р. Фейнман (как в указанных выше лекциях по общей физике, так и в лекциях, прочитанных в Корнельском университете и изданных под заглавием «Характер физических законов») высказывает ряд скептических замечаний в адрес философов, упрекая их в том, что они топчутся на обочинах науки и говорят то, что всем уже известно. Американский физик прав, если его упрек адресовать распространенной в американской науке плоской философии позитивизма. Однако это не значит, что философия вообще не имеет своего дела. Заявлением о том, что он, физик, не может дать определение, что такое время, Фейнман указывает на существование задачи, выходящей за пределы компетенции физики, как и вообще любой частной науки, задачи, которая решается в рамках философии и решением ее философия может оказать помошь физике.

Определение времени, как и пространства, возможно через характеристику тех всеобщих фундаментальных свойств движущейся материи, которые они выражают. Только в этом случае не будет иметь места обеднение содержания этих категорий (что неизбежно в иных обстоятельствах). При этом философское их определение оказывается возможным в рамках диалектико-материалистической концепции развития.

Итак, наиболее обобщенное философское определение пространства и времени состоит в том, что первое из них есть форма бытия материи, выражающая отношения между сосуществующими вещами, второе есть форма бытия материи, выражающая последовательность существования вещей в развивающемся мире. Время характеризует также длительность существования вещей, а пространство — их протяженность. Можно, однако, время как длительность существования рассматривать в качестве выражения, частного случая времени как последовательности существования: длительность есть не что иное, как отношение между сменяющими друг друга в процессе существования вещами или состояниями одной и той же вещи (процесса). Аналогично и пространство как протяженность представляет собой

выражение, частный случай пространства как отношения между существующими вещами. Это, понятно, совсем не означает, что длительность времени и протяженность пространства не носят всеобщего, универсального характера, как иногда утверждается<sup>1</sup>. Будучи проявлением (соответственно) последовательности существования и отношений существования, длительность существования и протяженность столь же всеобщи, как и первые из указанных характеристик времени и пространства.

Определение пространства и времени как атрибутивных форм бытия материи, выражающих общие типы бытия, может служить философским основанием для обсуждения вопроса о всеобщности пространственно-временных отношений (который некоторыми физиками и философами рассматривается в качестве дискуссионного). Можно обоснованно, на наш взгляд, сказать, что познание, раскрывающее новые горизонты человеческому разуму, не выходит как в просторах космоса, так и на нижних этажах материи за рамки времени и пространства. Отмеченные выше два типа отношений имеют место в сфере элементарных частиц так, как и в области макрообъектов: и элементарные частицы существуют, и элементарные частицы рождаются и исчезают, переходят, следовательно, в процессе своего рождения из возможности в действительность (что, в частности, выступает в квантовой теории в понятии виртуальных переходов, связанном с понятиями виртуальных состояний, виртуальных частиц).

Правда, можно понимать дело таким образом, что в гипотезе об исключительно макроскопической природе пространства и времени речь идет лишь о макроскопическом характере того содержания, которое эти понятия имеют в современной теоретической физике<sup>2</sup>. При такой интерпретации этой гипотезы она приобретает смысл

<sup>1</sup> См. В. И. Свидерский. О степени общности уровней научного знания.— В кн.: Некоторые вопросы методологии научного исследования. Вып. 2. Л., Изд-во Ленинградского ун-та, 1968, стр. 108.

<sup>2</sup> См. П. С. Дышлевый, В. С. Лукьянец. При каких условиях гипотеза о макроскопической природе пространства и времени имеет смысл?— В кн.: Пространство и время в современной физике. Киев, «Наукова думка», 1968.

утверждения о макроскопическом характере некоторых свойств пространства и времени, которые претерпевают изменения на микроуровне. Действительно, можно считать, что рациональное зерно суждений о неприменимости времени и пространства в микромире состоит в указании на то, что привычные для макромира временные и пространственные свойства материи оказываются неподходящими для малых областей. Следует, однако, признать, что эта мысль (которая, несомненно, справедлива и которая высказывалась и высказывается постоянно) в предположениях об «отсутствии» времени и пространства в микромире выражена в крайне неудачной форме. Это связано с тем, что в случае признания макроскопического характера некоторых пространственно-временных свойств вопрос о выявлении определенных немакроскопических свойств пространства и времени на микроуровне должен, естественно, ставиться и решаться на основе признания того, что сами пространство и время все-таки не носят исключительно макроскопического характера даже и как объекты физического исследования и как соответственно компоненты понятийного аппарата физической теории.

Невозможность устранения времени и пространства из какой-либо области действительности связана и с тем весьма существенным обстоятельством, что без указанных категорий к этой области действительности не могут прилагаться и другие важнейшие философские категории. Так, в случае отсутствия времени окажется незаконным переход возможности в действительность (а вместе с этим и сами категории возможности и действительности), поскольку переход возможности в действительность, процесс становления выражается во времени и связан с соотношением временных категорий прошлого, настоящего и будущего. С отсутствием времени окажется лишенным реального содержания принцип развития, предполагающий определенную направленную последовательность существования этапов, стадий, состояний того или иного явления. В мире, лишенном пространственной характеристики, теряют силу категории внутреннего и внешнего, а с ними — необходимость и случайность и так далее.

Отказ от пространственно-временных представлений неизбежно должен был бы привести к отказу от такого

важнейшего принципа материалистической философии и эффективного орудия научного познания, каким является принцип причинности. Причинность как генетическое отношение, отношение порождения одного явления другим предполагает строго определенное направление действия — из прошлого в будущее, она неизбежно связана с временным отношением позже—раньше. Именно временной характер причинности обусловил ее роль как важнейшего показателя направления времени, что находит свое выражение в теории относительности. Некоторые из авторов считают причинность единственным возможным показателем направления времени, но это уже, на наш взгляд, крайность<sup>1</sup>. На то, что концепция, стремящаяся обойтись без применения понятий пространства и времени, приводит к отказу от причинности, справедливо обращал внимание Р. Оппенгеймер. Выражая свое несогласие со сторонниками указанной концепции, этот выдающийся физик замечал: «Чу говорит, что мы должны быть готовы отказаться от пространства и времени, а это в основном, конечно, то же самое, что отказаться от причинности. Но подумайте о прошлом; никто не хочет отказаться от детерминизма, никто не хочет отказаться от детерминистической механики»<sup>2</sup>.

Оппенгеймер подчеркнул и другой важный аспект обсуждаемого вопроса. Он указал на отсутствие способа сформулировать принцип соответствия для перехода от представлений, отказывающихся от применения понятий пространства и времени, «через квантовую теорию к макроскопическому миру, в котором мы живем»<sup>3</sup>.

Речь, таким образом, идет фактически о единстве научной картины мира, отражающем единство материальной действительности, выступающей во взаимообусловленности всех своих основных форм бытия, к числу которых относится время и пространство.

«Детемпоризация» и «деспациализация» микромира (если будет позволительно употребить эти термины, произведя их от латинских слов, обозначающих соответственно время — *temps* и пространство — *spatium*) пред-

<sup>1</sup> См. подробнее: Я. Ф. Аскин. Время и причинность. — «Вопросы философии», 1966, № 5.

<sup>2</sup> «Успехи физических наук», 1965, т. 85, вып. 4, стр. 753.

<sup>3</sup> Там же.

ставляются столь же неправомерными, как и его дематериализация. Мысль В. И. Ленина, выступавшего против того, чтобы смешивать «изменяемость человеческих понятий о времени и пространстве, их исключительно относительный характер, с неизменностью того факта, что человек и природа существуют только во времени и пространстве»<sup>1</sup>, имеет важное методологическое значение в современной физике.

За последние годы расширяется «фронт работ» в исследовании проблем пространства и времени. Изучение этих проблем начинает вестись, помимо физики, на материале биологии, геологии, привлекает внимание проблема времени в искусстве, в истории. Выявление философского содержания категорий времени и пространства, выражаящих всеобщие атрибутивные формы бытия материи, имеет важное методологическое значение. Оно служит основой для исследования многообразных пространственно-временных свойств в различных областях действительности.

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Пол. собр. соч., т. II8, стр. 1192—1193

## **ПРОБЛЕМА ОНТОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ОПИСАНИЯ И ПРИНЦИП НЕИСЧЕРПАЕМОСТИ МАТЕРИИ**

---

1. Проблема онтологического статуса пространственно-временного описания — одна из чрезвычайно важных, но все еще недостаточно исследованных философских проблем современной физики. При методологическом анализе пространственно-временного описания в современной физике обычно ограничиваются рассмотрением эмпирического статуса описания. Однако после того как в какой-либо форме допускается, что пространственно-временное описание обладает эмпирическим статусом, сразу же возникает не менее важный вопрос о том, имеет ли смысл говорить о реальных пространственно-временных отношениях, которые отражаются в нашем описании, или следует ограничиться прямым или косвенным сопоставлением этого описания с языком наблюдений. Решение этого вопроса зависит от более общего вопроса о том, как понимать саму физическую теорию: только как теоретический формализм, который имеет определенную эмпирическую интерпретацию, или как теоретическую модель определенного фрагмента объективной реальности. С особой силой эта проблема встает в современной микрофизике.

2. В классической физике создавалась видимость, что семантическая интерпретация теории полностью совпадает с эмпирической. Причиной этого было то, что в область применимости классической физики входят непосредственно наблюдаемые явления нашего макроскопического опыта. Материальные точки, векторы силы, скорости, ускорения и так далее, строго говоря, тоже были теоретическими понятиями, полностью не сводимыми к данным наблюдениям и операциональным опре-

делениям. Однако простая наглядная природа этих понятий и их близость к языку наблюдений маскировали это обстоятельство.

В квантовой физике впервые произошло явное разделение эмпирической и семантической интерпретаций физической теории. Иными словами, когда теоретические понятия теории почти полностью потеряли свой наглядный характер, стало ясно, что их физический смысл (если таковой существует) — это одно, а их связь с языком наблюдений — нечто другое. Онтологический статус описания и его эмпирический статус явно разделились, причем первый до сих пор остается во многом невыясненным. При ортодоксальной интерпретации квантовой механики считается, что об этом онтологическом статусе вообще не имеет смысла говорить, однако такой подход не стимулирует дальнейшее развитие физики, в частности квантовой теории поля.

Несводимость теории к опыту, столь ясно проявившаяся в современной физике, сама по себе убедительно показывает, что фундаментальная физическая теория имеет такое онтологическое содержание, которое несводимо ни к совокупности данных опыта, ни к онтологии наивного реализма, тесно связанной с эмпирическим уровнем научного исследования. Основные теоретические термины теории имеют своих референтов не в виде фрагментов чувственного опыта экспериментатора, а в виде реальных теоретических объектов, сопоставимых с сущностью изучаемых явлений, с их устойчивыми инвариантными свойствами. В частности, понятиям физического пространства и времени в рамках фундаментальной физической теории соответствуют реальное пространство и реальное время как особо инвариантные стороны физической реальности.

3. Вместе с тем особая сложность проблемы онтологического статуса пространственно-временного описания в современной физике состоит в том, что употребление в ней понятий пространства и времени приобретает все более абстрактный и формальный характер.

С одной стороны, является очевидным, что на эмпирическом уровне исследования микрообъектов так же, как и раньше, остаются в силе макроскопические пространственно-временные отношения. Но, с другой стороны, приписывание этих отношений самим микрообъек-

там по мере углубления в структуру материи становится все более проблематичным. Хотя в квантовой механике формально сохраняются обычные представления о времени и пространстве, в квантовомеханическом описании возникает «дополнительность» пространственно-временного описания классической физики и детерминизма в смысле Лапласа<sup>1</sup>, что само по себе вызывает сомнение в возможности онтологизации этого описания. В физике элементарных частиц понятия пространства и времени употребляются еще более формально и становятся в известном смысле ненаблюдаемыми. Оказывается возможным появление множества различных теоретических схем описания микроявлений, в частности — вообще не использующих понятия времени и пространства. Все это наряду с другими факторами приводит к возникновению скептических выводов относительно онтологического статуса пространственно-временного описания в современной микрофизике и к распространению конвенционалистских трактовок физической теории.

4. По известному утверждению Карнапа, вопрос о принятии в теории тех или иных абстрактных объектов, таких, в частности, как пространство и время, не имеет онтологического значения в традиционном смысле этого слова, а есть просто вопрос о выборе языкового каркаса<sup>2</sup>. Он полагает, что вопрос о реальности физического пространства и времени является для физической теории «внешним» вопросом, то есть, по его мнению, псевдопросом. Правильно сформулированный вопрос состоит не в том, реальны ли физическое пространство и время, а в том, «является ли наш опыт таким, что употребление рассматриваемых языковых форм будет целесообразным и плодотворным?» Это — теоретический вопрос фактической, эмпирической природы. Но он касается вопроса о степени; поэтому формулировка в виде «реально или нет» была бы неадекватной<sup>3</sup>.

Карнап подчеркивает специфику теоретического зна-

<sup>1</sup> См.: Н. Бор. Квантовый постулат и новое развитие атомистики. — «Успехи физических наук», 1928, т. 8, вып. 3; В. Гейзенберг. Физические принципы квантовой теории. Л.—М., 1932, стр. 51—53.

<sup>2</sup> Р. Карнап. Значение и необходимость. М., Изд-во иностр. лит., 1959. Приложение. Эмпиризм, семантика и онтология.

<sup>3</sup> Р. Карнап. Значение и необходимость, стр. 309.

ния, несводимость теоретического языка к языку наблюдений, и именно отсутствие строгой однозначности между ними приводит его к выводу о том, что вопрос о существовании абстрактных объектов является псевдопроблемой. Но ведь наличие этой неоднозначности можно объяснить и с помощью предположения, что теоретическое знание, несводимое к конечной совокупности данных опыта, содержит такие элементы, которые имеют фундаментальное онтологическое значение. Конечно, можно пытаться трактовать эти элементы с конвенциональной и pragматической точек зрения, но тогда остается необъясненным, почему тот языковой каркас, который адекватно служит для описания одной области физических явлений, становится неадекватным при переходе к другой, качественно отличной области. С точки зрения номинализма, из которого явно или неявно исходит Карнап, реальное значение можно приписывать лишь единичным фактам или «непосредственно данному». При этом мы фактически пользуемся онтологией наивного реализма, в основе которой лежат пространственно-временные представления макроскопического опыта. Что же касается теоретических терминов, то считается, что они должны быть либо сведены к некоторой совокупности данных опыта, либо лишь сопоставлены с соответствующими эмпирическими понятиями и законами, а в остальном выбраны в значительной мере произвольно. Однако на самом деле нет абсолютно резкой границы между констатацией факта и теоретическим суждением. И при констатации факта, и при формулировании закона мы явно или неявно пользуемся какими-то онтологическими предпосылками. Просто в первом случае они являются для нас очевидными и связаны со всей нашей психофизической организацией, а во втором — это обычно не так.

Пространственно-временное описание — не просто формальная схема, не имеющая онтологического значения. В основе этого описания может лежать лишь такое абстрактное математическое пространство, которое, во-первых, обладает достаточной степенью общности для выражения всевозможных физических ситуаций в рассматриваемой области физических явлений; во-вторых, может выразить механизм движения и взаимодействия физических объектов; в-третьих, должно быть прямо или

косвенно связано с опытом, то есть — не быть принципиально ненаблюдаемым.

5. Перед лицом всех этих вопросов важно подчеркнуть, что истоки онтологической проблемы тесно связаны с принципом неисчерпаемости материи<sup>1</sup>. Знание о «вещи в себе», выраженное на строгом научном языке, всегда неполно, ограничено именно вследствие ее неисчерпаемости. В связи с этим возникает возможность построения целого ряда научных и философских моделей реальности, конкурирующих друг с другом, а также возможность конвенционалистских трактовок научного познания. Было бы неверно полагать, что источником трудностей современного физического познания является исключительно удаленность объекта исследования от нашего макроскопического опыта. Если бы объект познания, даже имеющий немакроскопический характер, обладал вместе с тем «онтологической простотой», то есть сводился бы к простым исходным элементам, взаимодействующим друг с другом по единому фундаментальному закону природы, спектр претендующих на описание объекта исследования теоретических моделей не был бы столь широким, как это имеет место в действительности. Именно неисчерпаемость «вещи в себе», невозможность получить о ней полное, исчерпывающее знание на любом конечном этапе человеческого познания, приводит к «расщеплению» познания на целый спектр конкурирующих друг с другом научных теоретических моделей.

Однако многообразие возможных теоретических подходов к объекту научного исследования не означает, что следует полностью отказаться от онтологического содержания научного знания и принять конвенционалистскую трактовку науки. Относительность человеческого познания, связанная с неисчерпаемостью объекта исследования, не исключает элементов полного и однозначного отображения определенных фрагментов объективной реальности.

6. Каким образом входит онтологическое содержание в структуру физической теории? В основе физической теории лежат фундаментальные теоретические понятия и постулаты (прежде всего — пространственно-времен-

<sup>1</sup> См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 264—332.

ные), которые, естественно, в рамках данной теории не могут получить достаточно полного определения и обоснования. Они аналогичны неопределляемым понятиям и аксиомам в математике. Эти фундаментальные понятия и постулаты часто не имеют операциональных определений и связаны с опытом главным образом косвенно, через опытные следствия из теории. Что же касается их физического смысла или, точнее, вопроса об их содержательной характеристике, о том, как они соотносятся с реальным миром, то эти вопросы решаются обычно на метанаучном уровне, с участием нестрогих философских представлений, и относятся, в частности, к области физической картины мира<sup>1</sup>. На этом уровне рассмотрения онтологический аспект данных вопросов приобретает первостепенное значение.

Хотя вряд ли можно надеяться на создание единого и окончательного «философского учения» о пространстве и времени, с изложенной выше точки зрения очевидно, что важную эвристическую роль могут сыграть различные онтологические модели пространственно-временных отношений, каждая из которых рассматривается лишь как философская гипотеза, которая имеет лишь вероятностное значение, но может помочь исследователю ввести в науку новые, адекватные пространственно-временные отношения.

7. Однако при этом остается нерешенной следующая, наиболее сложная проблема. В каком смысле можно говорить о существовании пространства и времени как объектов научного исследования, можно ли указать строгие критерии их существования, подобные обычным критериям, принятым в науке? Выше уже упоминалось о некоторых особенностях пространственно-временных моделей в отличие от других абстрактных математических пространств. К этому нужно добавить, что, конечно, существование пространства и времени имеет свои отличительные особенности по сравнению с существованием единичных физических объектов, в них локализованных. Чтобы установить факт существования конкретного физического объекта, достаточно установить его место в системе пространственно-временных отношений, что, ка-

---

<sup>1</sup> Подробнее см. М. В. Мостепаненко. Философия и физическая теория. Л., «Наука», 1969, ч. I, гл. 2, 3.

залось бы, неприменимо к самому пространству и времени. Однако последнее мнение по сути дела абсолютизирует пространственно-временные представления макроскопического опыта и явно или неявно конструирует единый для всего мира пространственно-временной каркас, в котором любой объект имеет строго фиксированное местоположение. Если же, опираясь на принцип неисчерпаемости материи, допустить, что в мире имеется не одна пространственно-временная форма (макропространство и макровремя), а их множество<sup>1</sup>, то констатация существования отдельной пространственно-временной формы окажется в конечном счете таким же эмпирическим фактом, как и факт существования конкретного материального объекта. Если будет создана физическая теория, в которой будет учтено многообразие пространственно-временных форм в мире, то известный критерий Карнапа: «Существовать — значит быть элементом системы» будет верным и в применении к пространству и времени.

В таком случае окажется, что некоторые теоретические объекты на более высокой стадии познания (точнее — в рамках более общей и фундаментальной физической теории) превращаются в эмпирические объекты, и критерии их существования становятся подобными обычным критериям существования эмпирических объектов. Из этого видно, что когда мы говорим: «Наше макроскопическое пространство имеет три измерения», имея в виду не просто геометрическое пространство математики, а само реальное пространство, мы допускаем по сути дела не большую нестрогость, чем когда мы говорим: «Данный предмет имеет круглую форму». В обоих случаях геометрические свойства онтологизируются и проецируются на определенный фрагмент реальности.

8. В процессе построения фундаментальной физической теории никогда не бывают известны границы ее применимости. Предметная область теории при этом выступает как «вещь в себе», как фундаментальный объект научного исследования в самом широком смысле

---

<sup>1</sup> Подробнее см. А. М. Мостепаненко. Проблема универсальности основных свойств пространства и времени. Л., «Наука», 1969, гл. 3.

этого слова, отображаемый в физической картине мира. Невозможность дать полное и исчерпывающее описание неисчерпаемого объекта исследования приводит к появлению множества абстрактных теоретических схем описания с различным онтологическим содержанием. Но в дальнейшем развитии познания (когда новые эмпирические и теоретические исследования позволяют хотя бы очертить границы применимости описания) в конечном счете побеждает та теоретическая модель, которая наиболее адекватно соответствует изучаемому фрагменту физической реальности.

Пространственно-временное описание всегда претендовало на предельно общий, универсальный характер. В связи с этим указанный механизм проявляется особенно четко именно в случае пространственно-временного описания. До самого последнего времени происходило фактическое отождествление понятий макропространства и макровремени с понятиями пространства и времени вообще. Понятия макропространства и макровремени, лежащие в основании всей классической физики и специальной теории относительности, претендовали на универсальность. При этом и возникало мнение о конвенциональности свойств времени и пространства. Однако о конвенциональном характере этих свойств можно было говорить лишь до тех пор, пока не была установлена их область применимости. С современной точки зрения область применимости макроскопических пространственно-временных отношений есть в первую очередь область применимости специальной теории относительности, а последняя, по-видимому, ограничена не только со стороны «большого», но и со стороны «малого».

Аналогичная ситуация складывается и в современной микрофизике. Трудности, связанные с введением пространственно-временного описания в микрофизику, возникают, в частности, потому, что пытаются сохранить универсальный характер тех пространственно-временных представлений, которые имеют вполне определенную область применимости. При этом, естественно, онтологический статус этих представлений оказывается сомнительным.

Таким образом, принцип неисчерпаемости материи имеет важное значение не только для изучения механиз-

мов человеческого познания, но и для анализа онтологической проблемы. С одной стороны, неисчерпаемость материи приводит к относительности человеческого познания и тем самым — к возможности многообразия теоретических моделей реальности на любом его конкретном этапе. С другой стороны, принцип неисчерпаемости объекта научного исследования, в сочетании со строгим учетом области применимости теоретических моделей, позволяет уточнить проблему онтологического статуса теоретического описания, в частности пространственно-временного.

**М. Д. Ахундов,**  
кандидат философских наук

## **О СООТНОШЕНИИ ПРЕРЫВНОСТИ И НЕПРЕРЫВНОСТИ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ МИКРОМИРА**

---

Современная физика микромира является одной из наиболее «щедрых» областей наук: открытие новых элементарных частиц следует столь бурно, что приводит в некоторое «уныние» ученых, пытающихся их систематизировать. Более того, в этой области за последнее время сделано немало открытий фундаментального характера, существенно изменивших наш взгляд на мир. Но есть еще одна специфика физики микромира, которая обусловливает ее ведущее значение для исследований методологического характера. Современная физика микромира содержит много эмпирических и гипотетических фактов, не нашедших пока адекватного объяснения, которые несут в себе семя коренной ломки существующего концептуального аппарата,—революция в физике продолжается. Здесь и возможное нарушение дисперсионных соотношений, что характеризует необходимость дальнейшей реконструкции нашей концепции детерминизма. Подобной реконструкции требуют, по всей видимости, и известные опыты Пфлигера—Манделя, идеи нелокальных и нелинейных обобщений теории поля, идеи квантованного пространства—времени,夸ковой модели и так далее.

В частности, в современной физике микромира становится весьма сомнительной успешность дальнейшего продвижения познания в глубь материи, основываясь на абстракции точечной локализации и точечного взаимодействия, то есть ограничиваясь абстракцией абсолютной непрерывности, вне диалектики дискретного и континуального. «Открытие возбужденных состояний нуклона (изобар) подтверждает факт сложности нук-

лойа, — пишет Д. И. Блохинцев, — и если еще несколько лет тому назад многие физики были склонны считать элементарные частицы «точечными», то теперь эта примитивная концепция должна быть полностью отвергнута<sup>1</sup>. Сейчас подобные идеи получают все большее распространение, ибо физика элементарных частиц развивается по пути максимализации сложной динамической структурности микрообъектов, что отражено в идеях бутстрата («зашнуровки») и так далее.

С пересмотром же концепции точечной локализации частиц мы сталкиваемся уже в соотношениях неопределенностей Гейзенberга, лежащих в основе квантовой физики. Это обусловлено, с одной стороны, наличием кванта действия  $\hbar$ , а с другой — невозможностью разграничения пространственно-временного описания от движения материи. Понятие точечной пространственной и временной локализации частицы есть статическая идеализация, при которой мы абстрагируемся от движения, — факт вскрытый еще элейцами в апориях Зенона. И в соотношениях неопределенностей выступают в противоречивом единстве две идеализации: статическая идеализация пространственно-временной точечной локализации, которая исключает всякое развитие, движение, и динамическая идеализация, которая выступает с отрицанием возможности точной пространственно-временной локализации, что характеризует диалектику прерывного и непрерывного как отражение противоречивого единства устойчивости и изменчивости. С интересным развитием вышеуказанной проблематики мы сталкиваемся в диалектико-материалистическом учении о сущности движения, которое базируется на известном положении Гегеля об одновременном нахождении и ненахождении движущегося тела в данной точке пространства. Чем больше скорость, тем больше расстояние между двумя точками пространства, которое занимает движущееся тело в один и тот же момент времени, такова специфика динамического атомизма пространства и времени, обнаруживающегося в движении. В этом аспекте очень интересен анализ диалектической сущности движения,

<sup>1</sup> Д. И. Блохинцев. Физика высоких энергий и основные принципы современной теории.— «Успехи физических наук», 1965, т. 86, вып. 4, стр. 721.

который проводится А. Ф. Лосевым на базе античной философии. В частности, А. Ф. Лосев приходит к следующему выводу: «Чем тело движется быстрее, тем оно более охватывает проходимых мест и тем меньшим временем пользуется для их прохождения, т. е. тем более покоится»<sup>1</sup>.

В работах В. И. Ленина отражено развитие диалектико-материалистического учения о пространстве, времени и движении. В. И. Ленин писал: «Движение есть сущность времени и пространства. Два основных понятия выражают эту сущность: (бесконечная) непрерывность (*Kontinuität*) и «пунктуальность» (= отрицание непрерывности, *прерывность*). Движение есть единство непрерывности (времени и пространства) и прерывности (времени и пространства)»<sup>2</sup>.

Вскрытое В. И. Лениным диалектическое единство прерывности и непрерывности пространства и времени, связанное с сущностью движения, сохраняет свою значимость и в современной физике микромира, хотя и выступает в существенно модифицированном виде. Необходимо, однако, помнить, что в области микромира мы, безусловно, столкнемся с качественно новыми свойствами пространства и времени; подобные скачки неизбежны и необходимы при переходе от одних количественных масштабов к другим согласно известному закону диалектики. Причем, на современном этапе развития естествознания образ пространства и времени микромира весьма смутно вырисовывается. Существует довольно много различных мнений и предположений на этот счет. Так, например, И. Е. Тамм пишет: «В последнее время развитие квантовой физики поставило по-новому вопрос о пространстве и времени в микрокосме. Пока можно, конечно, только гадать о том, как разрешится этот вопрос, но мне представляется весьма вероятным, что в микроскопических масштабах пространство дискретно»<sup>3</sup>. Однако некоторые западные ученые, исходя из затруднений современной физики микромира, отказались от вопроса о сущности микропространства и микровремени,

<sup>1</sup> А. Ф. Лосев. Античный космос и современная наука. М., 1927, стр. 150.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Поли. ссбр. соч., т. 29, стр. 231.

<sup>3</sup> И. Е. Тамм. А. Эйнштейн и современная физика.— «Успехи физических наук», 1956, т. 59, вып. I, стр. 9.

пойдя по пути их упразднения, следуя, по всей видимости, пословице, что лучшим средством от перхоти является гильотина.

Так, один из создателей современной квантовой механики В. Гейзенберг пишет, что «неделимой элементарной частице современной физики присуще свойство занимать пространство не в большей мере, чем, скажем, свойство цвета и твердости»<sup>1</sup>. Примерно в том же духе высказывается и А. Эддингтон. Разбирая процессы микромира, то есть состояния, характеризуемые небольшими квантовыми числами, он отмечает, что «для таких состояний пространство и время не существуют»<sup>2</sup>. В последнее время наблюдается возобновление тенденций признания за пространством и временем сугубо макроскопической природы (Т. Тати, Е. Циммерман, Дж. Ф. Чу и другие).

Все эти (и подобные им) высказывания и идеи исходят из абсолютизации каких-то определенных конкретных пространственно-временных характеристик (причем необходимо различать свойства пространства и времени и пространственно-временные свойства движущейся материи). Малейшее выявление их относительности стимулирует нигилистические проявления в физике типа: «пространство—время в микромире исчезло». Подобная ситуация (только в применении к материи) наблюдалась в конце прошлого века, когда материю отождествляли с одним из ее конкретных видов — с веществом. Причем, новейшие (для того времени) открытия естествознания пришли в явное противоречие с подобными ограниченными взглядами. Это-то и породило печально известный тезис философов-идеалистов и растерявшихся естествоиспытателей — «материя исчезла», который был критически разобран В. И. Лениным.

В чем же сущность представлений, пытающихся упразднить пространство и время в микромире? Тезис «пространство—время исчезают в микромире» означает, на наш взгляд, что исчезает тот предел, до которого мы знали пространство—время до сих пор. Проникновение

<sup>1</sup> В. Гейзенберг. Философские проблемы современной атомной физики. М., Изд-во иностр. лит., 1953, стр. 49.

<sup>2</sup> А. Эддингтон. Относительность и кванты. М.—Л., 1933, стр. 119.

познания в неизведанную область сопровождается «переоценкой ценностей», — многие свойства пространства — времени теряют присущую им в макромире абсолютность, неизменность и выступают как относительные. Познание объективной реальности микромира вскрывает и такие свойства пространства и времени, о которых мы не имели ни малейшего представления, что, кстати, неизбежно следует из закона о переходе количественных изменений в качественные.

Хочется лишь отметить, что гипотеза о макроскопической природе пространства и времени есть лишь разновидность идеи прерывного пространства и времени, ибо вводится определенный предел, некий аналог элементарной длины, на границе которой и «кончаются» макроскопические пространства и время. Однако ленинской идеи о бесконечности материи вглубь должна соответствовать идея о бесконечности (количественной и качественной) пространства и времени вглубь, что, естественно, отрицает метафизическую концепцию о пределе их делимости. Совершенно справедливо пишет Р. А. Аронов, что «экстраполяция классических представлений о пространстве и времени на расстояния меньше  $l_0$  неправомерна не потому, что там нет расстояний и промежутков времени, а потому, что за пределами этой границы пространство и время обладают качественно иными свойствами»<sup>1</sup>.

В связи с вышеизложенным представляет интерес проблема пространственно-временной микроструктуры причинной связи. Некоторые физики приходят к выводу, что в микромире теряют смысл обычные временные отношения «раньше» — «позже» и мы имеем дело со связанными «комками» событий, которые взаимно друг друга обусловливают, но не следуют одно за другим<sup>2</sup>. Причем в этих (нелокальных и нелинейных) теориях вводится предел применимости традиционного причинного описания, которое выступает лишь как макроскопическая аппроксимация. Подобное положение сложилось уже в ранних работах В. Гейзенберга. Он надеялся, что «уда-

<sup>1</sup> Философские проблемы физики элементарных частиц. М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 172.

<sup>2</sup> См., напр., В. С. Барашенков. Об экспериментальной проверке принципа причинности.—«Вопросы философии», 1965. № 2, стр. 110.

стся построить теорию, в которой причинность нарушается только внутри очень малой области, например, порядка  $10^{-13}$  см<sup>1</sup>. Весьма симптоматично, что эту область и процессы в ее границах современная теория не описывает. Так, в формализме S-матриц эту область взаимодействия не рассматривают, приводя в соответствие характеристики налетающих и вылетающих частиц. Причем подчеркивается, что «разграничение пространства—времени на области «малые», где причинность нарушена, и «большие», где она выполнена, невозможно без появления в нелокальной теории новой константы размерности длины — элементарной длины»<sup>2</sup>.

На наш взгляд, при анализе причинной связи в микромире разбор должен вестись на уровне «атома» причинной связи, на уровне ее единичного, элементарного звена, который является элементом в структуре этой связи. И если в классической физике, признающей бесконечную делимость причинной связи, этот элемент выступал точечным и бесструктурным, то в квантовой физике обнаруживается выход за рамки макроструктуры самой причинной связи, то есть мы опять сталкиваемся с тенденцией пересмотра точечности, абстракции абсолютной пространственно-временной непрерывности. Определенные затруднения современной физики микромира, связанные с так называемой акаузальностью, на наш взгляд, существенно проистекают из неоправданных попыток «втиснуть» закономерности структуры причинной связи в ее элемент<sup>3</sup>.

То есть, в выше разобранных двух концепциях мы фактически имеем дело с одной и той же задачей исследования качественно новых, специфических свойств пространства и времени микромира, которая находит свое непосредственное проявление в современных теориях квантованного пространства и времени.

Идея квантования пространства и времени, приводящая к утверждению дискретности того и другого в ми-

<sup>1</sup> W. Heisenberg. Doubts and hopes in quantum-electrodynamics. «Phys. Rev.» 19. 1953. p. 897.

<sup>2</sup> Д. А. Киржнич. Нелокальная квантовая теория поля.—«Успехи физических наук», 1966, т. 90, вып. I, стр. 133.

<sup>3</sup> Подробнее см.: З. М. Орудьев, М. Д. Ахундов. Временная микроструктура причинной связи.—«Философские науки», 1969, № 6.

кромире, исходит из их непрерывности как молчаливо допускаемой предпосылки. Поэтому зачастую делаются выводы относительно того, что непрерывные вообще (или в макромире) пространство и время дробятся в микромире на некие «последние» элементы пространства и времени — на так называемые элементарную длину (аналог демокритовского амера) и хронон, минимальный интервал времени. Эти конкретные физические величины противопоставляются непрерывным пространству и времени вообще или в макромире, что весьма напоминает подход древнегреческого атомизма, исходившего из допущения абсолютного предела делимости пространственной протяженности материи. Однако, как мы уже отмечали, бесконечности материи вглубь должна соответствовать и бесконечность пространства и времени вглубь, что означает отсутствие всяких абсолютных пределов их делимости. Далее, весьма важным является вопрос не только о том, как и на какие отрезки и промежутки делятся пространство и время, но и каким образом они соотносятся, связаны друг с другом в определенную непрерывность. Отсюда следует, что границы, о которых пишут сторонники квантования пространства и времени, не абстрактны, а конкретны, обладают определенной противоречивой природой, то есть они не только разделяют качественно различные области пространства, но и связывают их друг с другом. Кроме того, граница, отделяющая  $l_0$  от макро- и субмикромира, отличается от границы, отделяющей одну элементарную длину  $l_0$  от другой. Но именно изучение природы этой границы позволит выявить пространственно-временную структуру микромира<sup>1</sup>.

Вскрытое в материалистической диалектике соотношение прерывности и непрерывности пространства и времени на основе анализа сущности движения сохраняет свою значимость и в микромире. Но специфика этой диалектики, на наш взгляд, определяется следующим. Если в макромире размазанность движущегося тела в пространстве каждый данный момент времени вследствие малой скорости была незначительной, а вследствие боль-

<sup>1</sup> Подробнее см.: М. Д. Ахундов, З. М. Оруджев. О единстве прерывности и непрерывности пространства и времени. — «Вопросы философии», 1969, № 12.

шой величины макрообъектов — незаметной, то в микромире из-за большой скорости она резко увеличивается, а в результате незначительной величины микрообъектов — выступает наружу, что получило свое частное выражение в соотношениях неопределенностей Гейзенберга.

Одной из известных форм квантования пространства является концепция Снайдера<sup>1</sup>. Согласно его идеи, пространственные координаты могут принимать только дискретный ряд значений:  $x, y, z = l_0, \pm 2l_0, \dots$  Это допущение дополняется еще одним: координаты частицы, имеющей протяженность, не коммутируют друг с другом и для них имеет место соотношение, аналогичное соотношениям неопределенностей. В концепции Снайдера есть весьма интересная мысль относительно того, что при допущении для времени непрерывного спектра значений можно вместе с тем говорить о коммутативных соотношениях между временем и пространством. Здесь делается попытка установить единство между прерывным и непрерывным, но пространство и время берутся лишь в одном отношении — или дискретным или непрерывным. Однако только условно можно говорить о моменте времени, лишенном длительности, ибо в реальном течении времени не существует отдельных точек, не слитых со всеми остальными, и непротяженный, лишенный длительности момент времени есть поэтому отрижение всякого времени вообще. Слабость точки зрения Снайдера заключается, таким образом, в том, что она, с одной стороны, упускает дискретность времени, а с другой — ничего не говорит о форме связи минимальных длин  $l_0$  между собой, то есть упускается непрерывность пространства. Между тем это вопрос принципиальный и на него должен быть дан ответ. (Здесь мы не останавливаемся на затруднениях физического и математического характера.) К разбираемой концепции примыкают идеи Х. Юкавы, А. Марха и других. Так, например, А. Марх<sup>2</sup> в своей попытке построения теории квантованного пространства исходит из следующей квадратичной формы:

<sup>1</sup> См. H. Snyder. Quantized Space—Time. «Phys. Rev.» vol. 71. 1947. p. 38—41.

<sup>2</sup> См. «Zeitschrift für physik». 104. 1937. S. 93—99.

$$dS = \sqrt{\sum_{\mu\nu} g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu} - l_0.$$

Внутри области  $l_0$  отсутствует точечная локализация частиц и событий. Однако эта концепция столкнулась со столькими трудностями, что была оставлена и сублимировалась в концепцию статистической метрики, в основе которой лежит отрицание пространства и времени в микромире.

Выдвинутая Коишем и Шапиро гипотеза конечного дискретного пространства микромира, описываемого некоторым конечным многообразием, то есть конечным числом точек, устраниет саму возможность применения в микромире понятия расстояния. И. С. Шапиро указывает, что «в рассматриваемой концепции предполагается, что в микромире понятие длины, т. е. расстояния между двумя точками, теряет всякий смысл»<sup>1</sup>.

Отсутствие метрических отношений еще не означает отсутствия самого пространства. Но тем не менее нам хотелось бы отметить следующее. Метрика, конечно, не выражает всю специфику структуры микропространства, как и макропространства, но она вместе с тем является скрытой основой этой структуры. Подлинная трудность и задача заключается в том, чтобы проследить противоречивые превращения и модификации, которые претерпевают общие, фундаментальные свойства и законы в более сложных условиях.

С точки зрения Коиша и Шапиро, поскольку она исключает возможность метрических свойств даже в случае одномерного конечного пространства, всякая попытка точного измерения любой координаты микрочастицы должна быть тщетной. С точки зрения понимания структуры пространства и времени необходимо дать положительную характеристику того состояния или явления, которое отделяет одну точку пространства от другой. Невыясненной остается также и природа самих пространственных точек, в силу чего неизвестны и промежуточные явления, которые все же существуют и требуют своего объяснения.

Предельные величины, которые устанавливаются сторонниками идеи абсолютного квантования пространства

<sup>1</sup> См. Философские проблемы физики элементарных частиц, стр. 164.

и времени, бесспорно, имеют фундаментальное значение для понимания сущности физических процессов, имеющих место в микромире, но вряд ли свидетельствуют в пользу того, что они являются «первокирпичиками» пространства и времени — это иллюзия и методологическая слабость сторонников абсолютной или однообразной квантованности пространства и времени. Элементарная длина и хронон должны выступать не в застывшей фиксированности, а как функции взаимодействий, что находит свое частное проявление в наличии определенного множества характеристических длин в микромире ( $10^{-8}$  см,  $10^{-11}$  см,  $10^{-13}$  см,  $10^{-33}$  см и так далее).

Вышеизложенное свидетельствует о том, что современная физика, вскрыв единую корпускулярно-волновую природу материи, в своем развитии приближается к раскрытию и прерывно-непрерывной природы ее атрибутов, форм существования — пространства и времени. На этом пути ее ждет несомненный успех.

**Р. А. Аронов,**  
кандидат философских наук

## **МАТЕРИАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ПРЕРЫВНОСТЬ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ**

---

Все глубже проникая в микромир, физика достигла, наконец, таких границ, за пределами которых современные представления о пространстве и времени, по-видимому, не соответствуют действительности. Об этом свидетельствуют те противоречия и трудности в квантовой теории поля, с которыми столкнулась современная физика в микромире и которые все более и более становятся тормозом для ее развития.

Было предложено много гипотез, пытавшихся преодолеть эти трудности. Физики надеялись, что достаточно усовершенствовать математический аппарат теории и трудности с бесконечностями исчезнут. Однако надежды эти оказались тщетными. По существу ничего, кроме перенormировок и последующего вычитания бесконечных частей расходящихся выражений, квантовая теория поля до сих пор так и не сумела предложить.

Анализ квантовой теории поля обнаруживает, что источник трудностей с бесконечностями содержится в том противоречии, которое существует в этой теории между квантовой механикой и теорией относительности. Квантовая теория поля, как известно, представляет собой соединение квантовой механики и теории относительности, или, другими словами, распространение пространственно-временных представлений теории относительности на квантомеханические процессы микромира. Согласно квантовой механике в микромире не существует мгновенных явлений и непротяженных объектов. Это объективное свойство материальных объектов в явном виде учтено в квантовой механике в соотношениях неопределенностей, которые, в частности, свидетельствуют о том, что длительность любого явления в микромире и размеры любых микрообъектов принципиально отлич-

ны от нуля. Между тем экстраполяция пространственно-временных представлений теории относительности на микромир приводит к представлениям о точечности взаимодействий частиц и полей. Согласно теории относительности элементарным частицам нельзя вообще приписывать каких бы то ни было конечных размеров, ибо это приводит к нарушению релятивистской инвариантности уравнений, описывающих движение частиц.

Исследование структуры элементарных частиц, успешно осуществляемое в современной физике, свидетельствует о том, что элементарные частицы на самом деле сложны. Однако в квантовой теории поля они, строго говоря, точечны; наблюдаемая на опыте структура элементарных частиц интерпретируется как некий вторичный, динамический эффект. Когда в квантовой теории поля говорят о размерах элементарных частиц, скажем, «когда говорят о размерах протона или нейтрона, то, — как совершенно справедливо отмечают М. А. Марков и В. И. Манько, — речь идет лишь о радиусе действия ядерных сил, который определяется массой квантов ядерного поля. В этом смысле размеры электрона, например, бесконечно большие. Но с точки зрения «действительного» размера частиц как электрон, так и нейтрон в современной теории считаются точечными, и соответствующая собственная энергия их, вычисленная по каноническим правилам, расходится и требует перенормировки»<sup>1</sup>.

Итак, с одной стороны, согласно теории относительности резкие пространственно-временные границы и, с другой — согласно квантовой механике — их условность, невозможность резких пространственно-временных границ. С одной стороны, согласно теории относительности, точечность элементарных частиц и точечность взаимодействий частиц и полей и, с другой — согласно квантовой механике — невозможность мгновенных явлений и непротяженных объектов. Соединение квантовой механики и теории относительности представляет собой противоречие, которое является источником трудностей с бесконечностями в квантовой теории поля.

<sup>1</sup> В. И. Манько, М. А. Марков. О возможности существования кваркового состояния вещества в звезде.—«Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1966, т. 51, вып. 6, стр. 1691.

«Основная трудность коренится в самих представлениях о точечности частиц и локальности их взаимодействий, — пишет Н. Н. Боголюбов. — Ввиду того, что подобные представления очень легко критиковать как излишне идеализированные и нефизические, стало популярным мнение, что успех в разрешении этих трудностей должен прийти от новых физических идей, и начало появляться большое количество поисковых работ в таком направлении»<sup>1</sup>.

Дело, разумеется, не только в том, что представления о точечности частиц и локальности их взаимодействий очень легко критиковать как излишне идеализированные и нефизические. В известных пределах подобные представления разумны и история естествознания с несомненностью свидетельствует об этом. В определенных пределах они не только не являются излишне идеализированными и нефизическими, а, напротив, оказываются, бесспорно, соответствующими действительности и, следовательно, вполне физическими.

Мнение о том, что успех в разрешении трудностей квантовой теории поля должен прийти от новых физических идей, стало популярным вовсе не от того, что старые представления очень легко критиковать. Их так же легко было критиковать и раньше, в той пространственно-временной области, в которой они соответствуют действительности и являются физическими. Основная трудность коренится не столько в самих представлениях о точечности частиц и локальности их взаимодействий, сколько в неправомерной экстраполяции этих представлений за пределы области, в которой они применимы и вне которой они оказываются несоответствующими действительности и, следовательно, нефизическими.

Анализ трудностей и противоречий квантовой теории поля свидетельствует о том, что в субмикромире располагается пространственно-временная граница, характеризуемая некоторой минимальной длиной  $l_0$  и некоторым минимальным промежутком времени  $r_0$  и являющаяся нижней границей области применимости пространственно-временных представлений теории относитель-

<sup>1</sup> Н. Н. Боголюбов. Математические проблемы квантовой теории поля. — «Успехи математических наук», 1965, т. 20, № 3, стр. 34.

ности. Идея о существовании пространственно-временной границы, характеризуемой некоторой минимальной длиной и некоторым минимальным промежутком времени, предстала в современной физике как гипотеза прерывности пространства и времени. И оказалось, что эта гипотеза, так или иначе, составляет то общее, что свойственно всем известным до сих пор попыткам преодолеть трудности и противоречия квантовой теории поля и развить ее дальше<sup>1</sup>.

Гипотеза прерывности пространства и времени открывает благоприятные возможности для дальнейшего развития физики элементарных частиц. Общие представления о связи структуры пространства и времени с материей, лежащие в основе теории относительности А. Эйнштейна, получают, наконец, применение и в теории элементарных частиц. Речь идет, разумеется, не о распространении пространственно-временных представлений общей теории относительности на микромир, являющейся, как нам кажется, неправомерной экстраполяцией. Речь идет о наличии связи между пространством и временем, зависимости их свойств от свойств материальных взаимодействий.

«Все еще остается загадкой, — пишет Ф. Дейсон, — почему геометрический подход, приведший к столь глубокому пониманию гравитации, оказался безуспешным в других областях физики. Основой этой загадки служит невозможность экспериментального изучения влияния гравитационных эффектов на явления атомной физики. Гравитационные эффекты слишком ничтожны по сравнению с атомными, чтобы их можно было наблюдать»<sup>2</sup>.

Но только ли в этом дело? Нам представляется, что более тонкие эксперименты, которые позволили бы наблюдать гравитационные эффекты в микромире, ничего в принципе не изменили бы. Теория гравитации описывала бы лишь эти тонкие эффекты, а не поведение элементарных частиц в целом. Это объясняется тем, что определяющую роль в микромире играют другие типы взаимодействий, качественно отличные от гравитацион-

<sup>1</sup> См.: Р. А. Аронов. О гипотезе прерывности пространства и времени. — «Вопросы философии», 1957, № 3; А. Н. Вяльцев. Дискретное пространство — время. М., «Наука», 1965.

<sup>2</sup> Ф. Дайсон. Старые и новые течения в теории поля. -- «Успехи физических наук», 1965, т. 87, вып. 3, стр. 570.

ных, а вовсе не безуспешностью геометрического, точнее, пространственно-временного подхода. Неудача общей теории относительности в физике элементарных частиц означает несостоятельность пространственно-временного подхода теории относительности в физике элементарных частиц, неправомерность экстраполяции на физику элементарных частиц особенного в пространственно-временных представлениях теории относительности — особенности связи между пространством и временем ( $ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k$  с определенными  $g_{ik}$ ), особенности зависимости их свойств от свойств материальных взаимодействий. Однако она вовсе не означает несостоятельность пространственно-временного подхода к проблеме вообще.

Возможность по свойствам пространства и времени судить о свойствах гравитационных взаимодействий не представляет собой особенность этих взаимодействий. Зависимость свойств пространства и времени от свойств взаимодействий материальных объектов присуща взаимодействиям всех типов, но только у каждого из них она особенная. Таков вывод из анализа современной физики<sup>1</sup>; таково диалектико-материалистическое понимание взаимоотношения пространства, времени и движения материи, согласно которому движение есть сущность времени и пространства,— качественно различные взаимодействия проявляются в качественно различных свойствах пространства и времени.

Именно эта идея в конечном счете является рациональной основой гипотезы прерывности пространства и времени. Согласно этой гипотезе в природе существуют пространственно-временные границы, отделяющие друг от друга качественно различные пространственно-временные области, в которых определяющую роль играют различные типы материальных взаимодействий. В каждой из этих пространственно-временных областей господствующие в них взаимодействия определяют свойства пространства и времени. Разумеется, в каждой из

<sup>1</sup> Р. Я. Штейнман. Пространство и время. М., Физматгиз, 1962; Р. А. Аронов. К вопросу о связи пространства и времени с движением материи.— В сб.: «Некоторые вопросы философии», вып. 1, Кишинев, 1959; Р. А. Аронов. К проблеме пространства и времени в физике элементарных частиц.— В кн.: «Философские проблемы физики элементарных частиц».

этих областей взаимодействия иного типа тоже играют некоторую роль и вносят определенный вклад в их пространственно-временные свойства. Однако эта роль и этот вклад являются неопределяющими, второстепенными и ими, в известных пределах, можно пренебречь, в отличие от взаимодействий, играющих определяющую роль в этих областях.

Свойства пространства и времени в каждой из этих областей иные. В каждой из них существует пространственно-временная граница, являющаяся минимальной по отношению к этой области, по отношению к ее пространственно-временным свойствам. С этой точки зрения самой минимальной пространственно-временной границы, самой элементарной длины и самого элементарного промежутка времени не существует.

Атомы пространства и времени, так же как и атомы вещества, не являются абсолютными атомами в буквальном смысле этого слова, а бывают ими лишь в тех или иных отношениях. Однако их относительность вовсе не означает того, что их не существует. «Поиски и, наконец, обнаружение очередного «атома», «элементарной частицы» и т. д., — пишет М. А. Марков, — это не погоня за призраками... Атомистические понятия отображают, если можно так сказать, ступени, стадии самой материи»<sup>1</sup>.

С представлением об относительности атомов пространства и времени связана проблема множественности границ, которые отделяют друг от друга качественно различные пространственно-временные области и с которыми связаны (там, где это имеет смысл) длины и промежутки времени, минимальные по отношению к соответствующим пространственно-временным областям. Это — расстояния и промежутки времени, за пределами которых расположены пространственно-временные области, где определяющими являются качественно иные типы взаимодействий.

Так, минимальная длина и минимальный промежуток времени по отношению к области, в которой определяющую роль играют гравитационные взаимодействия, связаны с пространственно-временной границей, отделя-

<sup>1</sup> М. А. Марков. О современной форме атомизма.— «Вопросы философии», 1960, № 3, стр. 50.

ющей эту область от области, в которой определяющими являются электромагнитные взаимодействия. Минимальная длина и минимальный промежуток времени по отношению к области, в которой определяющими являются электромагнитные взаимодействия, связана с пространственно-временной границей, отделяющей эту область от области, в которой определяющую роль играют взаимодействия качественно иного типа, и так далее.

Существование минимальной длины и минимального промежутка времени по отношению к области, в которой определяющими являются гравитационные взаимодействия, неявно учитывается в общей теории относительности в форме граничных условий на «малых» расстояниях: в «малых» пространственно-временных областях пространство и время — эвклидовы.

В несколько ином отношении с известной нам пространственно-временной областью, в которой определяющими являются электромагнитные взаимодействия, находятся свойства пространства и времени за пределами минимальной длины и минимального промежутка времени этой области, в субмикромире, в котором определяющую роль играют взаимодействия качественно иного типа. В отличие от свойств пространства и времени в области гравитационных взаимодействий они переходят в эвклидовы не в «малом», а в «большом».

Абстрактный подход к проблеме пространства и времени (господствующий в современной теоретической физике), игнорирующий зависимость их свойств от свойств взаимодействий материальных объектов, естественно, приводит к абсолютизации одной из этих двух возможностей, именно первой, поскольку абсолютизация второй из них вступает в противоречие с общей теорией относительности. Тем самым снимается проблема пространства и времени в физике элементарных частиц, пространственно-временные свойства макромира экстраполируются на весь микромир, путь к исследованию особенностей пространства и времени в субмикромире а priori оказывается закрытым. Не удивительно, что при этом приходят «к выводу о том, что изменения геометрии, связанные с нарушением условий... релятивистской инвариантности, следует искать не в экспериментах на ускорителях высоких энергий, а в астрономических на-

блюдениях<sup>1</sup>. В действительности их следует искать и там, и там.

В области макрокосмоса, в котором определяющую роль играют электромагнитные взаимодействия, именно они определяют свойства пространства и времени. Эвклидовость пространства и времени (соответственно — псевдоевклидность пространства—времени), представлявшаяся до сих пор «доказательством» того, что пространство и время в отсутствие гравитационного поля не зависят от материальных взаимодействий, по-видимому, является на самом деле проявлением свойств электромагнитных взаимодействий. Естественно поэтому, что современная теория поля, соответствующая этой пространственно-временной области, отражающая ее свойства, адекватна действительности именно как электродинамика, как теория электромагнитных взаимодействий.

Столь же естественно, что попытки учесть в теории существование пространственно-временных границ, отделяющих эту область от качественно иных пространственно-временных областей, выводят за пределы тех представлений о пространстве и времени, на которые существенно опирается современная теория поля. Трудности и противоречия, с которыми сталкиваются теории сильных и слабых взаимодействий, в значительной степени связаны с тем, что эти теории, отражающие свойства качественно иных пространственно-временных областей, по-прежнему строятся в соответствии с пространственно-временными представлениями квантовой электродинамики.

Анализ квантовой электродинамики свидетельствует о том, что она «представляется в известном смысле макроскопической теорией. Область малых расстояний ( $\ll \hbar/mc$ ) или больших импульсов лежит за пределами применимости теории<sup>2</sup>. Об этом же свидетельствует и исследование зависимости свойств пространства и времени от свойств электромагнитных взаимодействий, осуществленное в последние годы Б. А. Арбузовым, А. Т.

<sup>1</sup> Ю. М. Широков. Микровариантность и микропричинность в квантовой теории. — «Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1963, т. 44, вып. 1, стр. 205.

<sup>2</sup> Ю. А. Гольфанд. Квантовая электродинамика без затрачивающих констант и расходимостей. — «Ядерная физика», 1968, т. 7, вып. 1, стр. 187.

Филипповым и другими, согласно которому «и гравитационное и электромагнитное (последнее даже в отсутствие гравитационного) поля изменяют геометрию пространства». При этом оказывается, что в отличие от гравитационных взаимодействий «электромагнетизм описывается в пространстве без кривизны, но с кручением»<sup>1</sup>.

Одним из любопытных результатов этих работ является своеобразный разброс значений минимальной длины  $l_0$ . Исследование поправок к гравитационным эффектам движения перигелия Меркурия и отклонения света в поле Солнца приводят к  $l_0 \lesssim 10^{-7} - 10^{-8}$  см. Поиски эффектов, связанных с нелинейностями в лагранжиане электромагнитного поля, приводят к  $l_0 \lesssim 10^{-14}$  см. Нарушение СР-инвариантности в распадах нейтральных К-мезонов приводит к  $l_0 \lesssim 10^{-17} - 10^{-18}$  см. Б. А. Арбузов видит в этом «разбросе» значений минимальной длины уточнение ее оценок<sup>2</sup>. Разумеется, все эти оценки (в особенности первая) отнюдь не претендуют на точность и носят не столько количественный, сколько качественный характер.

Можно высказать предположение, что здесь мы сталкиваемся не с уточнением оценок минимальной длины, а с множественностью минимальных длин, о которой говорилось выше. С этой точки зрения первая оценка обнаруживает пространственно-временную границу, отделяющую область, в которой определяющую роль по отношению к свойствам пространства и времени играют электромагнитные взаимодействия, от области, в которой определяющими являются гравитационные взаимодействия. На расстояниях порядка  $10^{-14}$  см обнаруживается пространственно-временная граница, отделяющая друг от друга область, в которой основными являются электромагнитные взаимодействия, от области, в которой определяющую роль играют взаимодействия качественно иного типа (сильные взаимодействия).

Наконец, на расстояниях порядка  $10^{-17} - 10^{-18}$  см этот метод обнаруживает пространственно-временную

<sup>1</sup> Б. А. Арбузов. О едином списании тяготения и электромагнетизма. — «Журнал экспериментальной и теоретической физики», 1969, т. 56, вып. 3, стр. 1047.

<sup>2</sup> Там же, стр. 1054—1055.

границу, за пределами которой располагается область нарушения СР-инвариантности (область слабых взаимодействий). Речь идет, следовательно, о том, что обсуждаемая Б. А. Арбузовым теоретическая схема может оказаться методом исследования пространственно-временных границ, отделяющих друг от друга качественно различные пространственно-временные области.

Попытки учесть в теории существование этих границ часто оказываются связанными с абсолютизацией дискретности пространства и времени и игнорированием их непрерывности. Между тем гипотеза прерывности пространства и времени вовсе не является представлением об их абсолютной дискретности. Напротив, в этой гипотезе непрерывность и прерывность пространства и времени связаны между собой и друг без друга не существуют. С этой точки зрения представляют несомненный интерес не только исследования Б. А. Арбузова и А. Т. Филиппова, но и В. Гейзенберга, Ю. А. Гольфандя, В. Г. Кадышевского, И. Е. Тамма, Г. Юкавы и других. Эти исследования идут по пути синтеза непрерывности и прерывности пространства и времени.

Г. Юкава рассмотрел модель дискретного пространства, обладающего сферической структурой<sup>1</sup>. Речь идет об элементарных областях пространства, ограниченных сферами радиуса и не перекрывающихся друг с другом. Центр каждой такой области определяется тремя координатами  $x^{(i)} = \int_B^x dx / \sqrt{v_0}$ , где  $v_0 = 4/3\pi l_0^3$  — объем элементарной области. Интегрирование осуществляется по элементарной области, обладающей объемом  $v_0$ . Расстояние между точками  $x^{(i)}$  и  $x^{(k)}/x^{(i)} - x^{(k)}/ \leqslant 2l_0$ . Элементарная частица в этой модели представляет собой материальный объект, «заполняющий» элементарную область. Вследствие того, что элементарные частицы являются квантовыми объектами, квантовыми свойствами обладают и элементарные области пространства. В частности, в этой модели нет четкого различия между элементарной областью, заполненной частицей, и областью, не заполненной ею. «Вследствие этого вся совокупность мест элементарных частиц не зависит

<sup>1</sup> См. H. Yukawa. Atomistics and the divisibility of space and time «Progress of theoretical physics», supplement, 1966, № 37—38, p. 512.

от того, являются ли эти места пустыми или заполненными, и не совпадает с пространственным континуумом. На этом пути дискретность материи и энергии может быть согласована с безграничной делимостью пространства»<sup>1</sup>.

По мнению Г. Юкавы, это обстоятельство выводит его модель за пределы гипотезы прерывности пространства и времени. «Эта точка зрения очень близка к представлению о дискретности пространства или времени, но все же отличается от нее». Модель Г. Юкавы действительно отличается от представлений о дискретности пространства и времени, согласно которым дискретность пространства и времени не совместима с их непрерывностью. Однако это вовсе не выводит ее за пределы гипотезы прерывности пространства и времени. Напротив, модель Г. Юкавы представляет собой определенный шаг в развитии гипотезы прерывности пространства и времени, позволяющей учесть в ней и то, что пространство и время дискретны, и то, что они непрерывны. На этом пути гипотеза прерывности пространства и времени все более определенно выступает как идея о существовании пространственно-временных границ, отделяющих друг от друга качественно различные пространственно-временные области.

В конечном счете именно таким представляется рациональное содержание идеи об элементарных областях пространства в модели Г. Юкавы. Что же касается отличия пространства от совокупности мест всех микрообъектов, на которое обращает внимание Г. Юкава, то этого отличия в действительности не существует: оно возникает вследствие экстраполяции классических представлений о пространстве и времени за пределы области их применимости.

Дальнейшее развитие получили методы исчисления конечных разностей, построены конечно-разностные аналоги ряда важных функций непрерывного анализа. Конечно, эти методы заведомо грубы для исследования проблемы дискретности пространства и времени. Однако с их помощью получены интересные результаты. В

---

<sup>1</sup> См. H. Yukawa. Atomistics and the divisibility of space and time. «Progress of theoretical physics», supplement, 1966, № 37—38, p. 512, 522.

частности, наметилась, как нам представляется, некая возможность реализации принципа соответствия между свойствами макро- и микропространства. Оказалось, что в математическом аппарате, описывающем евклидовы свойства макропространства, можно естественным образом учесть существование пространственной границы, отделяющей друг от друга эти две пространственно-временные области. «Возможно, полученные здесь результаты будут иметь эвристическое значение для развития идеи квантования пространства—времени, поскольку фактически мы показали, что группа движений (псевдо-) евклидового пространства допускает представление, органически содержащее в себе параметр с размерностью длины (в данном случае это  $\hbar/mc$ )»<sup>1</sup>.

Гипотеза прерывности пространства и времени сталкивается с рядом математических и физических трудностей. История развития гипотезы прерывности пространства и времени свидетельствует о том, что эти трудности, как правило, являются следствием непоследовательного проведения этой гипотезы. Об этом же свидетельствует и анализ современной ситуации, связанной с тем, что развитие гипотезы прерывности пространства и времени приводит к трудности с несохранением энергии и импульса в малых пространственно-временных областях.

Он позволяет высказать предположение, что эта трудность возникает из-за того, что в теории учитывается лишь существование пространственно-временной границы, отделяющей друг от друга качественно различные пространственно-временные области, и игнорируется вклад взаимодействий, господствующих за пределами этой границы. Последовательное проведение гипотезы прерывности пространства и времени снимает эту трудность. Более того, кажущееся нарушение сохранения энергии и импульса в малых пространственно-временных областях приобретает при этом известное эвристическое значение, ибо позволяет в какой-то мере судить о взаимодействиях, господствующих за пределами пространственно-временной границы.

Итак, приближение к пространственно-временной

<sup>1</sup> В. Г. Кадышевский, Р. М. Мир-Касимов, М. Фриман. Разностные гипергеометрические уравнения и релятивистская кулонова проблема. — «Ядерная физика», 1969, т. 9, вып. 3, стр. 652.

границе в микромире, за пределами которой предполагается мир качественно иных взаимодействий и качественно иных пространственно-временных свойств, нежели те, которые были известны нам до сих пор и на которые существенно опирается современная физика, накладывает свой отпечаток на все ее развитие, проявляется в трудностях и противоречиях, с которыми она сталкивается в исследовании микромира, в поисках новой теории элементарных частиц. Все более очевидной становится бесперспективность дальнейших попыток развития теории, опирающейся на пространственно-временные представления теории относительности. На это обратил в свое время особое внимание А. Эйнштейн. «Я все больше склоняюсь к убеждению, — писал он, — что нельзя продвинуться дальше с теорией континуума, ибо римановская метрика напрашивается здесь как единственное естественное понятие»<sup>1</sup>.

Развитие современных представлений о пространстве и времени связано с гипотезой прерывности пространства и времени, с представлением о существовании пространственно-временных границ, отделяющих друг от друга качественно различные пространственно-временные области природы, в которых определяющую роль играют качественно различные типы материальных взаимодействий. Исследование оснований гипотезы прерывности пространства и времени свидетельствует и о том, что трудности, встречающиеся на пути этой гипотезы, не только не являются непреодолимыми, но, напротив, имеют эвристическое значение.

Мысль В. И. Ленина: «Движение есть сущность времени и пространства... Движение есть единство непрерывности (времени и пространства) и прерывности (времени и пространства)»<sup>2</sup> является ценным методологическим предвидением.

<sup>1</sup> Цитируется по статье: Л. Инфельд. Мои воспоминания об Эйнштейне. — «Успехи физических наук», 1956, т. 59, вып. 1, стр. 171—172.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 231.

## **СВЯЗЬ ПОНЯТИЯ СИММЕТРИИ С ОСНОВНЫМИ ЗАКОНАМИ И МЕТОДАМИ ФИЗИКИ**

### *O понятии эквивалентности*

В любой области человеческого знания имеют дело со множествами элементов. Одно множество отличается от другого как самими элементами, так и отношениями, которые связывают эти элементы в данное множество. Например, отношение порядка дает нам упорядоченные множества, а введение отношения расстояния определяет метрические пространства, отношение бесконечной близости — топологические пространства.

Отношением считается подмножество прямого произведения нескольких множеств. Примерами отношений могут быть высказывательные формы, в которых роль произведений играют логические связи  $\&$ ,  $\vee$ ,  $\rightarrow$ ,  $=$ . Отношениями являются различные функции и выражения, содержащие знаки операторов и операций. Другими примерами отношений являются лексиконы языков как искусственных, так и естественных, построенных на определенном алфавите.

Эквивалентность является частным случаем бинарного отношения, связывающего элементы только двух множеств и удовлетворяющего условиям рефлексивности, симметрии и транзитивности.

Когда нам дано множество фактов или каких-либо результатов, то первоначальной задачей при исследовании этого множества является определение классов, эквивалентных по некоторым признакам. После классификации обнаруживаются сходимости и регулярности, рассматриваемые как правила, а в случае широкой сферы проявления как закономерности. Вообще можно считать, что любая научная задача является задачей на определение у неизвестного его эквивалентов. На-

пример, решение уравнения есть установление равенства между выражением, содержащим известные параметры, и неизвестными величинами.

Достаточно формализованная теория может быть представлена как совокупность некоторых основных положений, являющихся алфавитом для данной системы, и правил, с помощью которых получают следствия, верные для этой теории, что подходит под определение алгоритма.

Важными типами алгоритмов являются распознающие и порождающие алгоритмы, так как процесс знания можно представить как создание распознающих и порождающих систем. Распознающая система, исходя из определенного алфавита, приходит в конечном счете к множеству, состоящему из оценок (в крайнем случае это множество может состоять из двух оценок (истинно, ложно)). Порождающая система в конечном итоге приводит к множеству, более мощному, чем исходный алфавит.

\* Основное требование к распознающей системе — делать как можно более точные оценки. Порождающая система должна давать как можно больше следствий, подтверждаемых экспериментом, и не порождать тех следствий, которые опровергаются экспериментом.

Экспериментальные исследования имеют своей основной задачей получение наиболее точных измерений процессов, происходящих в природе, то есть являются распознающей системой. Теоретическое обобщение экспериментальных данных также является процессом распознавания. Другой задачей теоретических исследований является расчет или порождение таких данных, которые получаются или могут быть получены в результате экспериментальных измерений.

Недостатком любой физической теории является то, что среди следствий, которые из нее могут быть извлечены, всегда имеются такие, которые с повышением точности экспериментальных измерений окажутся неверными. И тогда теорию необходимо изменять так, чтобы она не порождала данных, не соответствующих природе явлений.

Кроме того, любая физическая теория не порождает всего того множества значений, которые могут быть получены экспериментальным путем и этот ограничен-

ный характер теории требует увеличения ее порождающей силы.

Недостатком любого экспериментального измерения является ограниченная точность этого измерения.

Согласно ленинскому тезису о неисчерпаемости материи, во Вселенной не существует двух одинаковых материальных объектов; во всех частях Вселенной движение абсолютно; существует абсолютная неисчерпаемость любого материального процесса и объекта. Понятие эквивалентности является поэтому абстракцией и выражает вышеуказанные ограниченность теории и эксперимента.

Марксистско-ленинская диалектика представляет собой совокупность наиболее общих категорий, таких, как материя, сознание, атрибуты материи и другие, а также правил в виде законов диалектики, позволяющих получать верные диалектические утверждения. Рассмотрение методологии познания в плане алгоритма позволяет сделать вывод, что, так же как и для алгоритма, круг задач, совершенство применяемой методики определяют уровень используемой методологии познания.

Исходя из другого ленинского тезиса, согласно которому наше знание, отправляющееся от поверхностного знания, переходит к более глубокому и всестороннему знанию, можно утверждать, что совершенствование применяемой методологии познания может идти только по пути ее приближения к диалектике объективного мира.

Несмотря на то, что эквивалентность в указанном выше смысле не отражает достаточно точно отношений между материальными объектами, она является важной характеристикой полноты и глубины наших знаний об объективном мире.

### *Симметрия и ее формы в физике*

Будем считать, что симметрия существует для некоторых объектов, если при применении к ним некоторого преобразования они остаются теми же, что и до его применения. Из данного определения видно, что симметрия является одним из видов эквивалентности. Примерами преобразований, сохраняющих некоторые величины и уравнения, могут служить: изменение начала отсчета пространственных, временных и угловых коорди-

нат, изменение знака отсчитываемой величины, перестановка отдельных элементов.

В зависимости от круга преобразований, при которых исследуемые величины являются неизменяющимися, можно различать симметрии с широкой и узкой сферой действия. Наибольшей сферой неизменности обладают в физике универсальные константы. Отнесение их к симметриям связано с тем, что при любых преобразованиях (кроме преобразования единиц измерения) они остаются неизменными. С расширением исследований микромира происходит быстрое возрастание числа величин, сохраняющихся для широкого круга преобразований (точнее, зависящих лишь от небольшого числа условий).

Наиболее устойчивые эталоны определяются наиболее симметричными объектами, которые чаще всего являются микрообъектами. Например, наиболее точными эталонами времени сейчас являются частоты света, испускаемого определенными атомами. Наиболее точными эталонами длины являются длины волн света в вакууме. Важной универсальной постоянной является скорость света в вакууме.

Широко распространенной в физике формой выражения устойчивости являются уравнения движения и поля. Выражая определенные закономерные связи, эти уравнения являются инвариантами относительно определенных преобразований и поэтому могут рассматриваться как симметрии относительно этих преобразований.

Преобразования, сохраняющие уравнения, должны содержать операции преобразования тех переменных, которые не связаны функциональной зависимостью с переменными данного уравнения. Чем меньше в уравнении различных переменных, тем шире класс преобразования, сохраняющих это уравнение. Поэтому наиболее симметричны наиболее простые уравнения. Конкретизация уравнения приводит к снятию многих симметрий и вместе с тем позволяет подробнее описывать реальные явления в их большей сложности и изменчивости.

Современные уравнения движения, описывающие достаточно точно практически важные явления, отличаются значительной сложностью. Причем конкретные

уравнения являются более общими, поскольку абстрактно-общие выражения получаются из конкретных с помощью предельного перехода или игнорирования определенных зависимостей. На примере развития уравнений видно, что физические модели становятся такими, чтобы удовлетворять меньшему числу симметрий.

Наиболее расчлененной симметрией обладают реальные процессы и объекты, когда симметрия переходит в свою противоположность — асимметрию. Чем большей асимметрией обладает тот или иной объект, тем более общую симметрию мы имеем, так как для перехода от асимметрии к симметрии достаточно лишь игнорировать асимметрию и рассматривать асимметричные стороны тождественными, то есть симметричными. Напротив, для того чтобы сузить симметрию, учесть асимметрию, необходимо значительное усложнение описательного аппарата, а для ее обнаружения в природе — более высокая точность измерения, что и является основными трудностями современной теории и эксперимента (которые не могут быть преодолены без прогресса в этих областях научного исследования).

Унификация уравнений движения с помощью использования принципа наименьшего действия имела прогрессивное значение, состоящее в том, что она сделала явным их симметричность относительно некоторых преобразований.

С помощью принципов экстремальности достигается новая классификация, которая вместе с прежними законами, постоянными и уравнениями дает более сложную картину и тем самым преодолевает ограниченность прежних классификаций. Введение новой симметрии значительно сужает симметричность уже имеющихся средств.

Инвариантность относительно преобразований экстремальных величин является следующим типом симметрии, который вновь со старыми средствами симметризации сужает симметрию и вводит дополнительную асимметрию в общую картину описываемых явлений.

В общем виде экстремум, выражающийся в равенстве производной по той или иной переменной нулю, говорит о независимости дифференцируемой функции от этой переменной. Так как энергия, импульс, количество

движений в замкнутой системе не зависят от времени, то они сохраняющиеся величины.

Введение постулатов однородности пространства, времени и изотропии пространства есть введение новой симметрии, и она делает более асимметричной общую физическую картину. Превращение энергии, изменение импульса и момента количества движения связано со сложностью процессов, которую удается изображать с помощью введения различных параметров.

Для квантовой механики формой выражения симметрии являются коммутационные соотношения различных операторов. Для коммутации операторов важно, чтобы эти операторы не зависели друг от друга, это приводит к сохраняющимся величинам, интегралам движения. Здесь сохранение трактуется не абсолютно, а статистически, то есть сохраняются величины только для системы, а не для отдельного процесса или объекта. Несмотря на то что у микрочастицы нет траектории и она флюкутирует (согласно соотношению неопределенности) в вакууме тем сильнее, чем меньше у нее импульс, но в среднем этот импульс сохраняется, если усреднить поведение частицы по ее флюкутациям. То же самое справедливо для энергии микрочастицы. Она флюкутирует тем сильнее, чем меньшие интервалы времени будем рассматривать. После интегрирования по достаточно большому интервалу времени энергия частицы в вакууме может рассматриваться как сохраняющаяся величина.

Спонтанные скачки энергии и импульса могут происходить только в малых пространственно-временных областях. И это следствие квантовой механики вводит дополнительную асимметрию в общую картину явлений микромира, делает ее более сложной, быстро меняющейся.

Квантовая механика не дифференцирует спонтанные скачки энергии, импульса и момента количества движения. Она их интегрирует, и следствием этого является большое число сохраняющихся величин. Здесь симметричны процессы в отношении направления их течения, частицы и поля — в отношении отражения их пространственных и зарядовых координат.

В достаточно хорошо изученных макроявлениях такой симметрии нет. Процессы развития никак нельзя свести к обратимым процессам. Живые существа при

точном рассмотрении нельзя никак отнести к симметричным объектам. Подобная симметрия еще раз говорит о недостаточной изученности явлений, происходящих в микромире, по сравнению с явлениями макромира.

Если в квантовой механике приходится учитывать флюктуирование импульса, энергии и других величин, не связанных с числом частиц, то при изучении элементарных частиц приходится рассматривать флюктуирование самого числа этих частиц. В теории квантованных полей это учитывается с помощью операторов рождения и уничтожения, меняющих число частиц, участвующих в микропроцессах.

Элементарные частицы являются здесь неограниченно сложными непрекращающимися процессами микромира. Поэтому времена жизни как периоды устойчивости для всех элементарных частиц равны нулю. Принимаемые в настоящее время, отличные от нуля и даже бесконечно большие, как, например, для фотонов, электронов и протонов, эти времена жизни говорят только о том, что действительные процессы, в которых участвуют эти частицы, либо игнорируются, либо недостаточно изучены и современная техника измерения не позволяет их обнаружить.

Нарушение симметрий свидетельствует о новом экспериментальном успехе в данной области. Построение более общих симметрий говорит о новом успехе в теоретической мысли. Развитие представлений о симметриях, характеризующих явления микромира, показывает, как слабые симметрии заменяются более общими.

Достигнутые успехи в области классификации элементарных частиц, соотношения между сечениями реакций ставят задачу поиска нарушения симметрий в исследованных явлениях. При использовании теории групп классификация сводится к поиску неприводимых представлений исследуемых операторов. Неприводимость является отношением эквивалентности и поэтому соответственно симметрией.

Теоретическая классификация позволяет уточнить направления экспериментальных исследований, тогда как эксперимент доставляет материал для теоретической обработки.

Заслуживает внимания рассмотрение некоторых математических приемов, которые используются для обоб-

щения достигнутых результатов, но не связанных прямо с симметрией. Эти методы используются в теории квантованных полей и в теории матрицы рассеяния. Характерным для этих теорий является то, что они опираются на очень общие постулаты, которые связаны с фундаментальными физическими понятиями.

Одним из таких важных требований является математическое требование аналитичности, или, на физическом языке, микропричинности. Понятие аналитичности является одним из отношений эквивалентности и в этом смысле связано с понятием симметрии. Невыполнимость микропричинности и ее формы дисперсионных соотношений возникают так же, как и нарушения любой симметрии. В качестве физических оснований для нарушения микропричинности могут служить флуктуирование скорости света в вакууме, либо спонтанное возникновение энергичных виртуальных частиц.

Унитарность — важный постулат теории квантованных полей, требующий обязательного существования в одном из каналов после рассеяния исследуемой частицы. Допущение спонтанного рождения и уничтожения исследуемых частиц снимает и этот постулат. Спонтанность здесь должна пониматься как неконтролируемость известными средствами и поэтому должна считаться условной.

Другим важным требованием как теории квантованных полей, так и теории матрицы рассеяния является лоренц-инвариантность, которая предполагается наиболее надежным постулатом современной теории. Но если учесть, что оно связано с однородностью пространства и времени, то именно отказа от этого постулата следует ожидать при учете структуры вакуума. Безусловно, свойство однородности пространства и времени может проявляться на более глубоких уровнях вакуума, до той поры, пока возрастающая точность измерений не заставит от него отказаться и на этом уровне и перенести его действие на следующий уровень. Аналогичное рассуждение, вероятно, справедливо для унитарности и микропричинности, хотя здесь труднее говорить о формах их возрождения.

Различные модельные представления в ядерной физике и физике плазмы могут рассматриваться как про-

явление симметрий в довольно специфичной форме. Возможная алгебраизация этих областей может помочь свести различные теории к подобным видам.

Применение вычислительной техники требует не только алгебраизации, но и в значительной степени алгоритмизации различных областей физики. Понятие симметрии, как одно из алгебраических, позволяет при своем дальнейшем обобщении непосредственно переходить к определенным алгоритмам, то есть к совокупности правил, позволяющих из небольшого числа постулатов получать большое число следствий. Это один из путей, на котором могут быть достигнуты всесторонняя унификация физических знаний, с одной стороны, и строгая дифференциация — с другой.

По мере расширения круга наших знаний расширяется круг обнаруживаемых симметрий. При переходе к более глубоким уровням будет наблюдаться нарушение отдельных симметрий.

Одной из важных задач современной теории остается поиск более общих симметрий, а в экспериментальных исследованиях нарушение наиболее слабых симметрий.

### *О сфере применимости понятия симметрии*

Основой симметрии является идеализация, выделение отдельных свойств и распространение их на какую-нибудь область. Игнорирование, незнание тонких эффектов, недостаточная чувствительность измерительной техники приводят к симметрии.

Как указывал В. И. Ленин, единство (совпадение, тождество, равнодействие) противоположностей условно, временно, преходящее, релятивно. Борьба взаимно исключающих противоположностей абсолютна, как абсолютно развитие, движение. Поскольку суть симметрии составляет тождество, то сфера действия любой симметрии ограничена, а отсутствие неограниченной симметрии — абсолютно.

Наше знание является многооднозначным соответствием природы, то есть на математическом языке, функцией от переменной, пробегающей по различным объектам макро- и микромира. Но оно не только функция природы, оно источник задач, целей, планов, когда одинаковые посылки направлены к разным объектам.

И здесь мы имеем дело с одно-многозначным соотвѣствием, знание выступает как орудие, которым исследуется объективная реальность.

Результаты практики никогда полностью не определяются целями деятельности. Несоответствие результатов с ожидаемым исходом постоянно говорит о времененной недостаточности наших знаний, заставляет постоянно уточнять их, совершенствовать наши приборы. Более общая теория, более глубокое знание должны описывать исследуемую реальность более точно и полно: частные теории должны получаться как предельные случаи общих.

Итак, симметрии являются математическими конструкциями для систематизации того материала, который поступает из многих областей теоретической и экспериментальной физики. Они являются орудием для изучения природы. По мере накапливания знаний может производиться оттачивание этого орудия или, если интерпретировать его как прибор, повышаться разрешающая способность. Одни симметрии должны сменяться другими, лучше работающими, позволяющими глубже видеть процессы, происходящие в природе.

Безусловно, ни одна из симметрий не является на всегда и повсюду выполняющейся, но они необходимы для того, чтобы видеть, каким образом в природе осуществляется асимметрия.

## **ЛОГИКО-ГНОСЕОЛОГИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ КАТЕГОРИЙ СИММЕТРИИ И АСИММЕТРИИ**

---

В современной теоретической физике существует два подхода к пониманию законов науки. Согласно одному законы науки касаются не непосредственной действительности, а только нашего знания о действительности. Иными словами, законы науки позволяют, исходя из ограниченных и приближенных знаний настоящего момента, делать выводы о будущих ситуациях, которые, естественно, могут быть описаны только приблизительным образом. Согласно другому — внешний мир, как он есть на самом деле, описывается теорией верно и точно<sup>1</sup>. Длительные дискуссии между сторонниками этих двух направлений не привели к их примирению. Остается неясно, насколько могут «не соответствовать» законы науки законам реальной действительности (законам природы). Если это несоответствие существенное, то ставится под сомнение истинность наших знаний о действительности. Но, как известно, истинность законов науки в конечном счете определяется не характером этих законов, а их соотнесением к реальной действительности, к опыту, к практике. Особенно необходимо провести анализ соотношения наших знаний о действительности с самой действительностью в области теоретических представлений физики микромира. В самом деле, можно ли считать истинными такие знания о процессах в микромире, теоретическая система которых основана на понятии симметрии, когда в самой действительности существует только единство симметрических и асиммет-

---

<sup>1</sup> См.: М. Борн. Воспоминания об Эйнштейне. — «Вопросы философии», 1968, № 11.

рических характеристик вещей, свойств и их отношений? Всякий категоричный ответ на этот вопрос мог бы оказаться неверным. С общеметодологической точки зрения ясно, что наши знания должны соответствовать отражаемой ими действительности. Науке же известны примеры, когда такое соответствие не всегда наблюдается. Например, уравнения термодинамики обратимы во времени, а реальные термодинамические процессы необратимы. Тем не менее эти уравнения достаточно строго описывают (объясняют, предсказывают) реальные процессы.

Поэтому ответ на поставленный вопрос может быть получен только на основе подробного анализа онтологического и гносеологического содержания понятий симметрии и асимметрии. Онтологическое содержание этих понятий, на наш взгляд, достаточно полно раскрывается в работах Л. Пастера, П. Кюри, Ю. В. Вульфа, В. И. Вернадского, А. В. Шубникова, В. С. Готта, Н. Ф. Овчинникова, Ю. А. Урманцева, А. С. Компанейца, В. Б. Берестецкого, Я. А. Смородинского и других. Анализ гносеологического содержания понятий симметрии и асимметрии проводится нами с известным «пристрастием» относительно последней. Это объясняется тем, что понятие асимметрии в онтологическом плане не является второстепенным по отношению к симметрии, а в теоретическом аппарате физики ей совершенно не отводится места.

С позиций общефилософского подхода наше субъективное мышление и объективный мир подчинены одним и тем же законам. Поэтому логично было бы ожидать, что единство симметрии и асимметрии находит свое выражение в теоретическом аппарате современной физики как отражение реально существующего единства симметрии и асимметрии вещей, свойств и их отношений.

Исходным пунктом анализа гносеологической функции понятий симметрии и асимметрии берется известное положение В. И. Ленина о единстве диалектики, логики и теории познания. Рассматривая логическую и теоретико-познавательную функцию понятий симметрии и асимметрии, необходимо иметь в виду и их онтологическое содержание. С другой стороны, любое проявление онтологического содержания этих понятий связано с их гносеологическим содержанием. Онтологическое и гносеоло-

тическое содержание понятий симметрии и асимметрии диалектически взаимосвязаны.

Ознакомление с процессом развития и обогащения содержания понятий асимметрии в естествознании и философии свидетельствует о том, что это понятие впервые наиболее четко было сформулировано Луи Пастером. Характерно то, что для Пастера асимметрия (диссимметрия, по Пастеру) означает нечто более общее, чем простое нарушение симметрии. В попытках объяснения асимметрии живого Пастер высказывает общие, мировоззренческие идеи материалистического характера. Учение об асимметрии и симметрии в науке о неорганической природе (кристаллография, физика) было развито П. Кюри. Он впервые сделал попытку дать количественную характеристику проявления симметрии и асимметрии в физических процессах. Ему принадлежит также идея о соотношении симметрических и асимметрических характеристик объекта и окружающей среды, причины и следствия. Дальнейшее развитие понятия асимметрии находит свое выражение в работах Ю. В. Вульфа и В. И. Вернадского. Для них характерно рассмотрение понятий симметрии и асимметрии как понятий, отражающих явления и живой, и неживой природы. Например, Ю. В. Вульф видит проявление симметрии и асимметрии в растительном и животном мире, в сфере духовной деятельности человека и так далее. А цель В. И. Вернадского — объяснить проблемы биогеохимии с точки зрения физического учения о симметрии и асимметрии.

Существенный шаг в изучении проявления асимметрии и симметрии был сделан в связи с развитием кристаллографической науки. Первоначально понятие симметрии в кристаллографии связывалось только со свойствами геометрических фигур (Е. С. Федоров). Однако исследования П. Кюри и, в особенности академика А. В. Шубникова, привели к тому, что понятие симметрии отражает и естественные образования природы, будь то звезда, планета, кристалл, растения, животные, молекула или атом<sup>1</sup>. По А. В. Шубникову, все эти материальные образования — частицы. Частицы находятся

<sup>1</sup> См. А. В. Шубников. Симметрия и асимметрия конечных фигур. М., Изд-во АН СССР, 1951, стр. 21.

в среде. Идеальная (симметричая) среда не содержит частиц. Значит, частицы — проявление асимметрии. Отсюда вывод: нельзя рассматривать симметрию без ее антипода — асимметрии. В природе не существует объекта с максимальной и минимальной симметрией, то есть не существует тел, абсолютно симметричных и абсолютно асимметричных.

Понятия симметрии и асимметрии стали играть особо важную гносеологическую роль в связи с созданием теории относительности и квантовой механики. Этому, по-видимому, способствовали раскрытие физической сущности взаимосвязи законов сохранения и свойств симметрии, развитие теоретико-групповых представлений и вероятностный, статистический характер квантовомеханических законов. К тому же понятия симметрии и асимметрии стали основными понятиями в попытках классификации элементарных частиц и в объяснении свойств пространства—времени микромира. На западе немедленно нашлись ученые, которые объявили о возрождении учения Платона (Гейзенберг, Вейль) о том, что идеи управляют миром и так далее<sup>1</sup>. В связи с нарушением пространственной инверсии стали говорить о возрождении эры скептицизма в науке (Брандуопаду)<sup>2</sup>. В этой ситуации зародилась настоятельная необходимость диалектико-материалистического осмысливания обобщения проявлений симметрии и асимметрии в различных областях материального мира. В решение этой задачи большой вклад вносят философы и естествоиспытатели нашей страны и философы ГДР.

Анализ логико-гносеологического содержания понятий симметрии и асимметрии обнаруживает, что симметрия и асимметрия являются всеобщими понятиями науки; логической основой этих понятий являются тождество и различие элементов, составляющих какую-либо целостную систему<sup>3</sup>. Известно, что понятия тождества

<sup>1</sup> См., напр., В. Гейзенберг. Философские проблемы атомной физики. М., Изд-во иностр. лит., 1953, стр. 51; В. Гейзенберг. Физика и философия. М., Изд-во иностр. лит., 1963, стр. 49—50; Г. Вейль. Симметрия. М., «Наука», 1968, стр. 37—38.

<sup>2</sup> P. Brānduopadhyay. A new phase scepticism. Science and Culture. Vol. 29, Nr. 4, 1963, Calcutta.

<sup>3</sup> См. В. С. Гостт. Философские вопросы современной физики. М., «Высшая школа», 1967, стр. 271—278.

и различия взаимосвязаны со многими другими понятиями, например, такими, как равенство, пропорциональность, развитие и так далее. Необходимо выявить специфическую форму диалектического единства тождества и различия, которая выступает как логическая основа симметрии и асимметрии. Логическая категория «различие», являясь антиподом категории «тождество», включает в себя момент различия единого. Диалектика такова: от тождества к различию единого, от него к противоположностям и далее к его разрешению. Следовательно, любое тождество включает в себя внутренний момент различия единого и любое различие, если это различие единого предполагает тождество различного. Отсюда специфичность праявления тождественности и различия элементов системы как логической основы понятий симметрии и асимметрии означает: система рассматривается в развитии, в каждый момент времени она представляет определенную, но в то же время развивающуюся целостность. Внутри этой целостности тождественность и различие ее элементов выступают как диалектически единые противоположности, обеспечивающие развитие этой системы.

Таким образом, осмысление понятий симметрии и асимметрии оказывается связанным с системно-структурным подходом. Однако системно-структурный анализ не может исчерпать содержание понятий симметрии и асимметрии. То есть эти понятия не поддаются полному формально-логическому описанию. (Это обстоятельство может свидетельствовать о достаточно широкой степени общности понятий симметрии и асимметрии). Тем не менее системно-структурный подход к осмыслению понятий симметрии и асимметрии приводит к усилению их познавательной роли. Благодаря системно-структурному подходу происходит уточнение их содержания и более строгое, ясное и четкое их выражение. Системно-структурный подход раскрывает ошибочность представлений, связанных с традиционным качественно-феноменологическим (описательным) языком и толкованием смысла этих понятий, и значительно облегчает их применение в специально научных областях познания<sup>1</sup>. Из этих сооб-

<sup>1</sup> Более подробно об этом см.: В. С. Тюхтин. Системно-структурный подход и специфика философского знания, — «Вопросы философии», 1968, № 11.

ражений приводится следующее определение симметрии системы: симметрия системы означает сохранение тождественности качественных и количественных характеристик, признаков некоторых элементов данной системы при определенных преобразованиях их (элементов). Очевидно, что такое понимание симметрии включает и момент единства симметрии и асимметрии. Ибо в рассматриваемой системе всегда находятся такие элементы, при преобразованиях которых не будет наблюдаться сохранение тождественности всех их количественных и качественных характеристик, признаков. Это и есть проявление асимметрии системы. Системно-структурный подход приводит к выяснению смысла диалектического единства симметрии и асимметрии.

Таким образом, в методологическом плане симметрия и асимметрия как категории познания, отражающие реальные симметрии и асимметрии природы, выступают в диалектическом единстве. Необходимо установить, как отражается это методологическое требование в теоретических построениях физики. В результате рассмотрения проблем взаимосвязи понятий симметрии и асимметрии и законов сохранения, симметрии и асимметрии физических законов и гносеологической роли симметрии и асимметрии в классификации и создании теории элементарных частиц выясняется, что диалектическое единство симметрии и асимметрии реализуется на метауровне теоретических построений. То есть применение понятий симметрии и асимметрии к анализу системы научных знаний раскрывает их диалектическую взаимосвязь. Так, например, учет диалектического единства симметрии и асимметрии выступает как необходимое условие для более правильного объяснения взаимосвязи законов сохранения и понятий симметрии и асимметрии. В физике не существуют абсолютно симметричные и абсолютно несимметричные законы, а существует только единство симметрии и асимметрии законов, то есть каждый закон и симметричен и асимметричен (в зависимости от того, к каким условиям он прилагается). Более существенные результаты в области теоретических построений физики микромира достигаются при попытках объяснения единства симметрии и асимметрии реального мира.

Стремления получить ответ на более конкретные варианты первоначального вопроса наталкиваются на

серьезные трудности. Эти трудности, по-видимому, связаны с характером законов и теорий, с логическими основами теоретических систем, с проблемой соотношения диалектической и формальной логики.

Попытка внедрения в теорию единства симметрии и асимметрии могла бы иметь успех в том случае, если бы эта теория основывалась на принципе диалектического противоречия. Имеющиеся попытки рассмотрения симметрических и асимметрических свойств природы в их единстве подгоняются к рамкам формально-логических систем.

Таким образом, разработанный на основе принципов диалектической логики метод единства и борьбы симметрии и асимметрии стараются применять в логической системе, которая основана на принципах строго детерминистической индуктивной выводимости. Можно предвидеть два пути преодоления этой трудности: разработать такую форму единства симметрии и асимметрии, которая могла бы быть включена в формально-логическую систему или построить логическую систему, которая могла бы отражать объективно существующие противоречия между симметрическими и асимметрическими свойствами природы. Последняя могла бы означать систему теоретических знаний, основанных на принципах диалектической логики. Примером такой системы являются статистические вероятностные толкования квантовомеханических закономерностей. Заметим, что квантовая механика отражает такие диалектически единые противоположности объективного мира, как прерывность-непрерывность, частица-волну и так далее. Однако современная теоретическая физика еще не располагает подобным теоретическим аппаратом, описывающим единство симметрии и асимметрии. Логично было бы думать, что такой теоретический аппарат должен иметь вероятностный, статистический характер, или, конкретнее, что эта система знаний отражала бы реальные симметрии и асимметрии природы (в их единстве) посредством вероятностного, статистического толкования единичных знаний о них. Реализация этой идеи выходит за рамки методологических исследований.

**В. Г. Сидоров,**  
кандидат философских наук

## **О СООТНОШЕНИИ АБСОЛЮТНОГО И ОТНОСИТЕЛЬНОГО В СОДЕРЖАНИИ ТЕОРЕМЫ Э. НЁТЕР**

---

Наличие сохраняющихся величин, чрезвычайно широкая общность и значимость их в физической теории делают законы сохранения объектом все более пристального внимания со стороны философского исследования их природы. Такие законы сохранения, как сохранение энергии, импульса, момента импульса, являются неотъемлемой частью разнообразных физических концепций движения. Это обусловлено прежде всего их глубокой связью со свойствами пространства и времени, с единством движения и материи, с выражением имманентной противоречивости природы движения. В этом плане представляет интерес анализ специфики связи законов сохранения со свойствами симметрии пространства и времени, которая является одним из существенных моментов многообразного проявления как природы симметрии, так и законов сохранения.

Широко распространенное понимание характера выше отмеченной связи основывается на известной теореме Э. Нётер о дифференциальных инвариантах конечных и бесконечных непрерывных групп, хотя философская интерпретация этой теоремы разными авторамидается различно. В данной работе теорема Э. Нётер рассматривается как конкретная форма проявления единства атрибутов материи — пространства, времени и движения, единства, которое в конечном счете отражает материальное единство мира. Автор ставит задачу раскрыть структуру взаимосвязи законов сохранения и свойств симметрий пространства — времени с точки зрения абсолютных и относительных моментов в содержании теоремы, а также показать, что абсолютное выступает в единстве с многообразным содержанием своего конкретного представления.

Вопрос о соотношении абсолютного и относительного в содержании физических представлений является особенно существенным в оценке значения и дальнейшего развития их содержания и, в частности, алгоритма теоремы Э. Нёттер. Анализ этого соотношения связан с тем, что абсолютное нельзя рассматривать вне его развития, абсолютные моменты представляют процессы становления все более устойчивых понятий, которые способны к дальнейшему расширению и обогащению своего содержания новыми сторонами и связями. Но абсолютные моменты не существуют сами по себе, а проявляются через противоположные им относительные моменты, которым свойственна изменчивость, возможность применения только в определенных пределах и условиях. При этом относительные моменты не исключают объективности, поскольку и в относительном отражаются реальные свойства объективных явлений. Абсолютное и относительное взаимопроникают друг в друга, граница между ними подвижна и условна, однако она не уничтожает определенности абсолютного и относительного. Здесь существенным становится конкретное содержание единства абсолютного и относительного, которое может быть выявлено и выявляется в процессе раскрытия внутренней структуры исследуемых связей, отношений и так далее.

В рассматриваемой теореме формы проявления абсолютного и относительного определяются особенностями теоретико-групповых представлений, которые широко используются в современной теоретической физике. Рассмотрим некоторые особенности этих представлений, определяющие весьма широкую эффективность последних.

Известно, что принцип физической относительности утверждает, с одной стороны, возможность пользоваться любыми системами отсчета в описании физических процессов (то есть их формально математическое равноправие), с другой — существование соответственных процессов, происходящих по меньшей мере в двух системах отсчета<sup>1</sup>. Последние представляют собой совокупность определенных условий движения и его прост-

<sup>1</sup> См.: В. А. Фок. Физические принципы теории тяготения Эйнштейна.— «Вопросы философии», 1966, № 8, стр. 17.

ранственно-временных форм. Тот факт, что в различных системах отсчета существуют соответственные физические процессы, свидетельствует о том, что для определенной совокупности систем отсчета существуют тождественные стороны и свойства, выступающие в виде признака инвариантности. Инвариантность определяет в конечном счете качественную специфику физических процессов, которая выявляется при различных преобразованиях и определяет последние как группу. При этом признак инвариантности характеризует движение со стороны его меры, то есть качественной и количественной определенности, выступающей в виде законов сохранения, а пространство и время со стороны свойств их симметрии.

Таким образом, особенностью теоретико-групповых представлений является характеристика качественной специфики физических процессов в виде тождественности свойств и сторон различных физических условий движения — систем отсчета, интерпретированных в форме математического понятия группы.

Многообразие различных видов движения материальных объектов находит свое конкретное выражение в различных физических преобразованиях, выступающих прежде всего как непрерывные и дискретные преобразования. Определяя различие, изменения как существенную сторону движения, преобразования характеризуют кинематические и динамические свойства движущихся объектов со стороны сохранения качественной специфики того или иного вида движения. Это сохранение является моментом изменения, порождается им и выступает в форме инвариантности как противоположность и как сторона изменения. Ведь в физическом отношении инвариантность означает неизменность по отношению к некоторой совокупности определенных изменений физических условий и не существует вне отношения к определенным группам преобразований, вне перехода от одной системы отсчета к другой. Поскольку выявление инвариантности для определенных групп преобразований представляет собой характеристику всей совокупности физических условий, поскольку инвариантность тесно связана с принципом физической относительности. Отсюда другая особенность теоретико-групповых представлений, которая состоит в том, что содер-

жение физической относительности может быть раскрыто только в связи с выявлением инвариантных характеристик, параметров и законов движения. Следовательно, физическая относительность выражается не только относительностью параметров движущихся тел, но и инвариантностью в пределах определенных изменений — преобразований, которая является конкретной общностью физических характеристик и выступает формой проявления абсолютного в относительном.

Как отмечалось, группы преобразований характеризуют кинематические и динамические свойства движущихся объектов. Наличие инвариантности определяет как неизменность динамических характеристик движения, так и раскрывает конкретную общность входящих в физические законы движения пространственно-временных связей, в виде определенных свойств симметрии последних. Являясь существенной стороной в выражении физической относительности, инвариантность присутствует и процессу движения, поскольку она позволяет рассматривать его как непрерывное преобразование с сохранением основных законов, действующих в данной системе материальных объектов. В этом отношении инвариантность является условием выражения свойств симметрии как пространства и времени (геометрическая симметрия), так и взаимодействий материальных объектов (динамическая симметрия).

Симметрия движения и его пространственно-временной формы содержит в себе два момента: с одной стороны, различие в виде определенных групп преобразований, с другой — тождественность в виде инвариантности. В этом случае всякая группа взаимооднозначных преобразований, при наличии инвариантных величин, параметров и свойств, определяет характер тождества в различиях. Этот характер существует в определенных отношениях и не уничтожает различия между одинаковыми объектами. И если сохранение выступает как тождественное повторение, а равно неизменность значения величин или формы уравнений, то для симметрии характерна одинаковая сочетаемость различий, в результате чего образуется определенное однообразие и единство. Другими словами, для симметрии характерен «процесс существования и становления тождественных моментов в определенных условиях и в определенных отношениях

между различными и противоположными состояниями явлений мира»<sup>1</sup>.

Итак, в основе сохранения и симметрии лежит признак инвариантности, который, проявляясь различным образом, обусловливает и сохранение и симметрию. Этот момент внутренней взаимосвязи последних выражается теоремой Э. Нёттер в форме отождествления бесконечно малых преобразований пространственно-временных характеристик движения с бесконечно малыми вариациями параметров движения. Естественно, может возникнуть вопрос: почему инвариантность проявляется и в форме сохранения, и в форме симметрии? Причина такой двойственной природы инвариантности, на наш взгляд, лежит вне рассматриваемой связи и обусловлена в конечном счете феноменологическим характером теоретико-группового описания физических явлений<sup>2</sup>.

Все вышесказанное приводит к определенному разграничению абсолютного и относительного в содержании теоремы Э. Нёттер. Возможность выведения из инвариантности интеграла состояния законов сохранения и то, что из факта существования определенных законов сохранения должна следовать инвариантность интеграла состояния относительно определенных групп преобразований, связанных со свойствами симметрии пространства и времени, представляет собой абсолютный момент проявления всеобщей связи пространства, времени и движения и выступает объективным содержанием теоремы Э. Нёттер.

Но этот абсолютный момент выявляется в относительном, конкретном характере изменения действия. Так, если движение обладает свойством инерциальности, то его пространственно-временная определенность характеризуется однородностью. Инерциальность движения и однородность пространства—времени являются различными сторонами одной и той же формы единства атрибутов материи. Совокупности физических условий,

---

<sup>1</sup> В. С. Готт. Философские вопросы современной физики, стр. 272.

<sup>2</sup> См., напр., Р. А. Аронов. Соотношение феноменологических и динамических теорий в физике элементарных частиц. — «Вопросы философии», 1969, № 1.

включающие в себя вышеотмеченные свойства движения и пространства—времени как свои существенные стороны, являются тождественными по отношению к этим свойствам и образуют инерциальные системы отсчета. Существование последних, а также групп перехода от одной из них к другой и инвариантов этих групп определяет физическую относительность в классической механике и в специальной теории относительности. Однородность и изотропность пространства, однородность времени и физическая относительность составляют неотъемлемое содержание законов движения в указанных разделах физики. Поэтому свободное движение, которое характеризуется постоянством импульса, энергии и момента импульса, связано с такими свойствами симметрии, как однородность и изотропность пространства и однородность времени. Эта связь обусловлена инвариантностью законов движения, качественным сохранением данной специфики движения. Согласно теореме Э. Нётер, из инвариантности физических законов относительно трансляций во времени и пространстве следуют законы сохранения энергии и импульса. Сохранение момента импульса является следствием инвариантности относительно вращений в пространстве. Можно также отметить, что инвариантность относительно преобразований инверсии приводит к закону сохранения четности. Таким образом, инвариантность является непосредственным выражением симметричных свойств пространственно-временной определенности физических процессов и сохранения их динамических параметров.

Однако существенно и то, что связь законов сохранения со свойствами симметрии пространства—времени не исчерпывает полностью природы как законов сохранения, так и симметрии. Действительно, наряду с процессами становления тождественного в различном, которое определяет симметрию физических процессов, происходит становление и различного в едином, тождественном, определяющее асимметрию физических процессов. Это различие проявляется уже и в относительном характере симметрии физических законов, поскольку инвариантность последних имеет место только для определенных групп преобразований, выражая тем самым их различие и специфику. Соответственно этому симметрия

должна рассматриваться в единстве с асимметрией<sup>1</sup>. Содержание единства раскрывается, в частности, во взаимосвязи различных групп преобразований, математически выражющей единство симметрии и асимметрии.

Связь свойств симметрии с законами сохранения предполагает наличие в различных местах пространства и в различные моменты времени тождественных условий, что обуславливает такие свойства симметрии пространства и времени, как однородность и изотропность. Однако только оторванные от движущейся материи пространство и время абсолютно однородны и изотропны. Реальные пространство и время, являясь всеобщими формами существования, неотделимы от движущейся материи, свойства которой, в свою очередь, входят в свойства пространства и времени как присущие им существенные стороны. И если однородность пространства и времени выражает момент устойчивости, сохранения, симметричности движения, то изменчивость, преходящий характер последнего обуславливает неоднородность, асимметричность пространства и времени. Единство атрибутов материи последовательно предполагает единство свойств симметрии и асимметрии, присущих движению и его пространственно-временным формам существования. Это единство выступает в различных формах, например, в преобразованиях Галилея, преобразованиях Лоренца и так далее. Следовательно, теорему Э. Нёттер можно рассматривать как идеализированное выражение атрибутивного единства, поскольку ее содержание не охватывает во всей полноте реального многообразия единства движения, пространства и времени.

Выражая существенные отношения состояний физических объектов, законы сохранения выступают и мерой их взаимопревращаемости. Любое сохранение качественной природы физических процессов, при наличии одновременного количественного изменения, выступает формой проявления единства устойчивости и изменчивости. Без относительной устойчивости сохранения теряет смысл и изменение. Законы природы не делятся на законы сохранения и законы изменения. Противопоставление

<sup>1</sup> См. В. С. Готт. Философские вопросы современной физики, стр. 277—279.

друг другу законов сохранения и изменения ведет к разрыву единой закономерности объективного мира. «Сохранение и изменение, — отмечает Н. Ф. Овчинников, — выступают... в неразрывном единстве»<sup>1</sup>.

Одной из форм проявления этого единства является понятие группы преобразований. Возникнув первоначально как геометрическое понятие, оно приняло более общее значение в силу того, что выражает на математическом языке общий принцип единства сохранения и изменения. Сохранение, которое порождено изменением и которое выступает как его внутренняя сторона, — абсолютно, как и само изменение. С точки зрения единства изменения и сохранения раскрывается другая сторона абсолютного содержания теоремы Э. Нётер.

Действительно, устанавливая взаимосвязь законов сохранения, которые являются существенной стороной процесса изменения — движения, со свойствами симметрии пространства—времени, теорема раскрывает свойства последних в единстве внешних и внутренних связей с движением. Тот факт, что вариационная трактовка движения дает общую характеристику законов изменения, а теория групп — это выявление инвариантности в пределах определенных преобразований, позволяет выявить в содержании теоремы Э. Нётер абсолютный момент, который состоит в одновременном применении к характеристике движения законов сохранения и изменения.

Но с другой стороны, теорема связывает со свойствами симметрии первые интегралы движения, описываемого дифференциальными уравнениями, которые получаются на основе вариационных принципов. Еще М. Планк показал, что вариационные принципы могут применяться только к определенным идеализациям, а именно к обратимым процессам, по отношению же к необратимым они неприменимы<sup>2</sup>. И поскольку вариационные принципы не обладают всеобщим значением, поскольку и ограничена теорема Э. Нётер. Таким образом, теорема ограничивается областью применимости вариационных

<sup>1</sup> Н. Ф. Овчинников. Принципы сохранения. М., «Наука», 1966, стр. 76.

<sup>2</sup> См. М. Планк. Единство физической картины мира. М., «Наука», 1966, стр. 98.

принципов и, следовательно, возможностью представления той или иной физической теории в лагранжевом или гамильтоновом формализме, который вытекает из принципа наименьшего действия и принципа Гамильтона.

Возвращаясь к вопросу о характере свойств симметрии пространства и времени, отметим следующее. Такие свойства симметрии пространства, как однородность и изотропность, обусловлены инвариантностью физических законов по отношению к трансляциям в пространстве, которые могут быть осуществлены путем непрерывного поступательного перемещения или вращением в виде поворота на любой произвольный угол. В этом отношении однородность и изотропность выступают как непрерывные свойства. Но с другой стороны—перенос системы отсчета можно осуществить и путем «зеркального» пространственного отражения физических явлений, то есть путем замены данной системы отсчета другой, в которой «правое» становится «левым» и обратно. Подобное преобразование представляет собой пространственную инверсию и является одним из дискретных геометрических преобразований. Инвариантность по отношению к пространственной инверсии, так называемая Р-инвариантность, выражается в сохранении законов физических явлений по отношению к одновременному отражению всех координатных осей. Инвариантность физических законов относительно пространственной инверсии можно рассматривать как выражение дискретности однородности и изотропности пространства.

Изучение явлений микромира выявило глубокую взаимосвязь и взаимообусловленность пространственно-временных свойств, определенных симметрией относительно инверсии, с такой фундаментальной характеристикой микрообъектов, как заряд. Физический смысл инвариантности приобретает для комбинированной инверсии СР. Более того, анализ ряда явлений (как распад нейтрального К-мезона и другие) раскрыл связь пространственно-зарядовой симметрии с обращением времени, которая составляет содержание известной теоремы СРТ, лежащей в основе общей структуры релятивистской квантовой механики. Здесь физическая инвариантность лагранжиана, описывающего состояния физических объектов в слабых взаимодействиях, обуславливает не отдельные симметрии пространства и времени, а связана

с единством дискретных преобразований: с одновременным обращением пространственных координат, отражением временной оси и зарядовой инверсией. Эта взаимосвязь и неотделимость свойств движущейся материи и ее пространственно-временных форм в микромире выявляет новую форму связи атрибутов материи, свидетельствует о многообразии свойств и форм их взаимосвязи. Здесь свойства симметрии пространства—времени выражаются дискретными преобразованиями. К ним алгоритм теоремы Э. Нётер неприменим. Этим проявляется ограниченность теоремы, которая применима лишь к непрерывным преобразованиям.

Пути раскрытия структуры и свойств всеобщих форм существования материи многообразны. Релятивистская теория выявила многообразие форм симметрии и асимметрии пространства—времени, в которых выражается единство математической и физической структуры пространственно-временного континуума. Выясняя, например, общее между пространствами Эвклида, Лобачевского и Римана, можно видеть, что для каждого из них форма кривизны является инвариантной характеристикой. Теорема Э. Нётер связывает ряд законов сохранения с определенными свойствами симметрии пространства и времени: однородность времени с законом сохранения энергии, однородность пространства с законом сохранения импульса и так далее. Эта связь имеет место, но нельзя ее абсолютизировать в том смысле, что указанные свойства симметрии являются единственными, с которыми связаны законы сохранения. Переход к общей теории относительности раскрывает динамический характер инвариантных величин специальной теории относительности, позволяет выявить новые специфические связи законов сохранения со свойствами искривленного пространственно-временного континуума.

Как отмечалось, понятие инвариантности тесно связано с понятием физической относительности. Последняя в форме принципа относительности Галилея и Эйнштейна выражает единство однородности пространства—времени и эквивалентности инерциальных систем отсчета. Хотя и широк круг физических явлений, в которых пространственно-временная определенность обладает свойствами однородности и изотропности, тем не менее известны явления, не обладающие однородностью и изо-

тропией в своей пространственно-временной определенности, понимаемых как равноправность всех точек пространства и направлений в нем, а так же как равноправность всех моментов времени в описании движения. Следовательно, сфера применимости физической относительности, связанной с однородностью и изотропностью пространства — времени является и сферой применимости алгоритма теоремы Э. Нётер.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что абсолютизация теоремы Э. Нётер приводит к противопоставлению ее многообразию свойств структуры движущейся материи и ее пространственно-временных форм существования. Глубокое значение теоремы раскрывается на основе учета границ ее применимости, на основе понимания ее как конкретной формы проявления единства атрибутов движущейся материи. В теореме раскрывается единство законов сохранения и изменения, в котором находит выражение внутренняя противоречивая природа движения материальных объектов. С другой стороны, являясь конкретной формой проявления атрибутивного единства пространства, времени и движения, теорема Э. Нётер содержит в себе абсолютные и относительные моменты. Последние проявляются в ограниченности сферы применения теоремы, в снятии этой конкретной формы многообразием проявления атрибутивного единства, которое обусловлено неисчерпаемостью свойств движущейся материи и форм ее существования. Это снятие, однако, не голое отрицание содержания теоремы. Наоборот, оно представляет собой развитие абсолютных моментов содержания в виде его обобщения в релятивистской квантовой теории поля и в теории гравитации.

**ГНОСЕОЛОГИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ПОНЯТИЯ  
НЕПРЕРЫВНОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ**

---

1. Любую современную физическую теорию, будет ли это теория относительности, или квантовая механика, или обычная электродинамика, совершенно немыслимо вообразить себе изложенной без использования довольно сложного математического аппарата. Язык такой теории представлен символами и уравнениями, связывающими их, не понятными непосвященному, но обладающими огромной действенной силой.

Какую бы из выше перечисленных теорий мы ни рассмотрели, основные уравнения ее (уравнения Эйнштейна в теории относительности, уравнение Шредингера в квантовой механике, уравнения Максвелла в обычной электродинамике) — суть уравнения дифференциальные, точнее уравнения в частных производных. Понятие производной, дифференцируемости необходимым образом предполагает для своего определения понятие непрерывности. Непрерывными в уравнениях теории являются прежде всего пространственные и временная переменные.

Таким образом, несмотря на противоречия, которые возникают из-за принятия непрерывности пространства и времени, например, в квантовой электродинамике, и о которых речь пойдет впереди, все упомянутые здесь физические теории, включая и саму квантовую электродинамику, существенным образом используют в своем математическом аппарате представления о непрерывности пространства и времени. Эти представления не являются представлениями, введенными в теории лишь в целях удобства. Они не только выполняют условие, обеспечивающее возможность написания дифференциальных уравнений, они несут в себе более глубокие основания, связанные с самим процессом человеческого познания.

2. Еще во времена древних греков возникла проблема выяснения сущности и свойств пространства и времени. В древнем мире известны две противоположные концепции, утверждавшие непрерывность (Анаксагор, Аристотель) и дискретность (атомисты) пространства и времени. Нас здесь будет интересовать только то, что имеет отношение к непрерывности.

Аристотель связывает непрерывность пространства прежде всего с возможностью бесконечного разделения его на части: «Очевидно также, что все непрерывное делимо на части, всегда делимые...»<sup>1</sup>. Бесконечная делимость предполагает, что вещь, которую мы делим, не изменяет в процессе деления своих свойств, и любая малая часть всегда сохраняет свойства целого. В новое время Локк так писал об этом: «Ибо деление... ни у какого тела никогда не может отнять плотность, протяженность, форму или подвижность...»<sup>2</sup>. Если это и неверно по отношению к веществу, материи, то по отношению к пространству это предполагается почти очевидным. Такая делимость свидетельствует об однородности разделяемого, о подобии частей целому и одновременно отрицает возможность появления каких-либо новых свойств при переходе к малым пространственным интервалам. «А именно тем, что мышление рассматривает математический континуум различных случаев как равный перед математическим законом, — пишет Каульбах, один из современных комментаторов Лейбница, — исключаются бесконечно многие индивидуальные различия, которые в действительности существуют между реальными вещами»<sup>3</sup>.

Лейбниц писал о протяженности, что она «не выражает ничего другого, как определенную распространенность (*Ausgebreitetsein*), или повторение определенной природы, или, что то же самое, многообразие однородных вещей, которые состоят друг для друга в определенном порядке»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Аристотель. Физика. М., Соцэкиз, 1937, стр. 125.

<sup>2</sup> Д. Локк. Избранные философские произведения. Т. I. М., Соцэкиз, 1960, стр. 155.

<sup>3</sup> F. Kaulbach. Die Metaphysik des Raumes bei Leibniz und Kant. Köln, 1960, s. 36.

<sup>4</sup> Leibniz. Brief an de Volder, Gerh., II, s. 269. Цит. по F. Kaulbach. Die Metaphysik des Raumes bei Leibniz und Kant. Köln, s. III. 56—57.

Концепция непрерывности пространства и времени на протяжении двух с половиной тысячелетий развития человеческого знания была поддержана подавляющим большинством философов и естествоиспытателей. Более того, она была развита Кантором в его учении о множествах до своего логического завершения и в таком виде вошла в физические теории.

Этот, если так можно сказать, результат 2,5-тысячелетнего процесса экспликации понятия непрерывности выражается свойствами канторовского континуума, об разное представление о котором дает линейный отрезок прямой, мыслимый как составленный из несчетной бесконечности идеальных сущностей — точек, обладающих нулевой протяженностью. Несмотря на отсутствие протяженности у точек, их несчетная совокупность, обладающая структурой континуума, обладает и ненулевой длиной. Протяженность появляется здесь как свойство множества, но не элементов, включенных в него: «Хотя свойства быть протяженным или быть непротяженным характеризуют единичные точечные множества, они все же не присущи соответствующим их точечным элементам, точно так же, как температура является свойством только совокупности молекул, а не индивидуальных молекул»<sup>1</sup>.

Такова идеальная структура непрерывного пространства и времени, именно в таком виде последние входят в физические теории и как раз в связи с этим в квантовой физике появляются значительные трудности.

3. Основные трудности современной физики связаны с построением релятивистской квантовой теории поля, которая так или иначе пытается использовать как результаты релятивистской физики, так и результаты квантовой механики. Теория относительности ввела в физику принцип близкодействия (конечность скорости сигнала), установила релятивистскую инвариантность (инвариантность относительно преобразований Лоренца) законов, опирающуюся на непрерывные группы преобразований, и тем самым постулировала непрерывность пространственно-временных интервалов; в квантовой же теории непрерывность привела к расходимостям

<sup>1</sup> А. Грюнбаум. Философские проблемы пространства и времени. М., «Прогресс», 1969, стр. 206.

физических величин: массы, энергии и т. д.<sup>1</sup>. И если теорию относительности и классическую физику вполне удовлетворял постулат континуальности пространства и времени, квантовая физика была вынуждена поставить его под сомнение.

Таким образом, уже в связи с развитием современной квантовой теории возникает вопрос о статусе такого топологического свойства пространства, как непрерывность.

4. Однако науке известны возражения относительно континуального характера пространства и времени не только со стороны современной физики. Такие возражения имели место уже в древности, и они носят название апорий Зенона.

Апории Зенона можно разделить на две группы:  
1) направленные против «множественности» мира и  
2) направленные против возможности понять процесс движения в а) дискретном пространстве («Стрела», «Стадий») и б) непрерывном («Дихотомия», «Ахиллес и черепаха»). Интересный философский анализ и разрешение первой группы апорий на основании канторовской теории множеств дан в книгах С. А. Богомолова<sup>2</sup> и А. Грюнбаума<sup>3</sup>. Эти авторы показали, что возможно непротиворечиво мыслить протяженный отрезок как «составленный» из несчетной бесконечности непротяженных точек.

Другая группа апорий, группа 2б, связана уже не только с трудностями логического порядка. Здесь встает вопрос об адекватности самой модели движения в непрерывном пространстве.

Понятие движения, используемое в этих апориях, так же, как и понятие непрерывности, было подвергнуто длительному процессу экспликации и нашло свое окончательное выражение в модели движения теории относительности. Движение материальной точки нулевых

<sup>1</sup> См. напр.: С. С. Швебер. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля. Ч. 3, М., Изд-во иностр. лит., 1965; А. И. Ахиезер, В. Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика. М., «Наука», 1969, § 23; И. С. Шапиро. О квантовании пространства и времени в теории «элементарных», частиц. — «Вопросы философии», 1962, № 5.

<sup>2</sup> С. А. Богомолов. Актуальная бесконечность. Петроград. «Academia», 1923.

<sup>3</sup> А. Грюнбаум. Философские проблемы пространства и времени. М., «Прогресс», 1969, гл. 6.

размеров здесь представляется ее мировой линией, которая сама есть непрерывное множество. Рассел<sup>1</sup> рассматривал движение как одно—однозначное соответствие между множествами и  $\{x\}$  (одномерный случай). Такая (математическая) модель предполагает, что движущаяся материальная точка в любой момент времени  $t$  занимает определенное положение  $x$  в пространстве. Она последовательно проходит все (!) точки непрерывной траектории  $T$ , поскольку для любого  $x_0 \in T$  можно указать момент времени  $t_0 \leftarrow \rightarrow x_0$ , когда материальная точка занимает положение  $x = x_0$ . И именно для такой модели движения имеют силу апории Зенона «Дихотомия» и «Ахиллес».

5. Сколько времени известны эти апории, столько времени известны и попытки, направленные на преодоление их. По-видимому, приоритет здесь принадлежит атомистам Древней Греции. Они имеют последователей в наши дни. Например, концепция дискретного пространства и времени<sup>2</sup> может рассматриваться как продолжение традиций античного атомизма.

Мы ограничимся рассмотрением взглядов оппозиции Зенона лишь в тех границах, которые не выходят за рамки концепции непрерывности.

Первые значительные возражения в адрес Зенона поступили со стороны Аристотеля. Он первоначально попытался опровергнуть апории, апеллируя к тому обстоятельству, что в моделях движения Зенона трудности были связаны с интенсивной бесконечностью (а не с экстенсивной): «И вот, бесконечного в количественном отношении нельзя коснуться в ограниченное время, бесконечного согласно делению — возможно, так как само время в этом смысле бесконечно. Следовательно, приходится проходить бесконечное в бесконечное, а не в ограниченное время и касаться бесконечного множества частей бесконечным, а не ограниченным множеством»<sup>3</sup>.

Однако это первоначальное решение не удовлетворило Аристотеля, и он вернулся к рассмотрению апорий вновь в 8-й книге «Физики». Аристотель указал там на

<sup>1</sup> Russell B. Our Knowledge of the External World as a Field for Scientific Method in Philosophy. 1915.

<sup>2</sup> См., напр., А. Н. Вяльцев. Дискретное пространство — время. М., «Наука», 1965.

<sup>3</sup> Аристотель. Физика, стр. 128—129.

то обстоятельство, что процесс дробления движения в моделях, используемых в апориях, приводит к разрушению непрерывности, движение как бы останавливается в точках деления: «Если кто-нибудь оставит в стороне длину и вопрос о возможности пройти в ограниченное время бесконечное множество и будет расследовать это по отношению к самому времени (ведь время заключает в себе бесконечное число делений), то приведенное разрешение уже не будет достаточным... Кто делит непрерывную линию на две половины, тот пользуется одной точкой как двумя, так как он делает ее началом и концом... При таком делении ни линия, ни движение не будут непрерывными, так как непрерывное движение есть движение по непрерывному, а в непрерывном заключается бесконечное число половин, но только не актуально, а потенциально. Если же их сделать действительными, то движение не будет непрерывным, а будет останавливаться... Таким образом, на вопрос, можно ли пройти бесконечное множество частей во времени или по длине, следует ответить, что в одном отношении можно, а в другом нет...»<sup>1</sup>.

Аристотель выдвигает здесь концепцию потенциальной бесконечности, понимая процесс деления Зенона как осуществимый потенциально, но не являющийся нам в законченном виде. Эта концепция была поддержана и Кантом в его синтезе представлений а ріогі: «Но движение как описание пространства есть чистый акт последовательного синтеза многообразного во внешнем созерцании вообще при помощи продуктивной способности воображения...»<sup>2</sup>.

Наконец, Гегель также выступил в защиту Аристотеля от критики Бейля, трансформировав, однако, взгляды первого, подогнав их под свои. При этом потенциальный характер бесконечности стал выглядеть как момент в более цельной философии Гегеля: «Делимость, как возможность, есть всеобщее; в ней положены как непрерывность, так и отрицательность, или точка, но положены как моменты, а не как сами по себе сущие. Я могу делить материю до бесконечности, но я это лишь могу,— я ее в действительности не делю до бесконечности. В том

<sup>1</sup> Аристотель. Физика, стр. 197, 198.

<sup>2</sup> И. Кант. Критика чистого разума.— Соч. в 6-ти т. Т. 3. М., «Мысль», 1964, стр. 207.

именно и состоит бесконечное, что ни один из его моментов не обладает реальностью»<sup>1</sup>.

Решение апорий в духе Аристотеля не могло, однако, удовлетворить сторонников актуальной бесконечности, в существовании которой все меньше приходилось сомневаться с развитием науки, ибо это решение не могло ответить на вопрос, как все же возможно прохождение актуальной бесконечности пространственных точек при движении материальных тел. Современные авторы искали ответ Зенону с позиций, отличных от аристотелевых; мы упомянем здесь подходы С. А. Богомолова и А. Грюнбаума.

Первый настаивал на возможности понимания результата движения как актуальной совокупности (несчетной бесконечности) состояний покоя и видел суть аргументов Зенона в том, что «указать первый (и последний. — А. П.) момент движения — мы не можем»<sup>2</sup> (а это для конечного множества и в согласии с Зеноном вело к противоречию). В целях преодоления затруднительного положения Богомолов призывал «признать ограниченность нашей познавательной способности пред лицом бесконечности; признать, что методы рассмотрения конечных рядов и совокупностей мы не вправе переносить на случай бесконечного числа членов»<sup>3</sup>.

Грюнбаум использовал уже две модели для описания движения: а) модель потенциальной бесконечности — при описании процесса движения и б) модель актуальной бесконечности — при описании результата его<sup>4</sup>. Итак, оба автора представляли результат движения в духе модели движения Рассела.

Концепция потенциальной бесконечности, как в этом можно убедиться, лишь отбрасывает трудности Зенона. В то же время концепция актуальной бесконечности в интерпретации С. А. Богомолова передвигает трудности на новое место, ибо вряд ли представляется удовлетво-

<sup>1</sup> Гегель. Лекции по истории философии. Кн. I. — Соч., т. 9. Партизрат, 1932, стр. 237.

<sup>2</sup> С. А. Богомолов. Актуальная бесконечность. Петроград, «Academia», 1923, стр. 46.

<sup>3</sup> Там же, стр. 59.

<sup>4</sup> А. Грюнбаум. Modern Science and Refutation of the Paradoxes of Zenos. «The Scientific Monthly», 1963, v. 81, № 5.

рительным мыслить движение (хотя бы и логически не-противоречиво) как бесконечную совокупность состояний покоя.

6. Прежде, чем высказать свои соображения по поводу рассматриваемой проблемы, остановимся на взглядах сторонников так называемой «физической» (или «эмпирической») непрерывности.

Эта концепция ведет свое начало от Пуанкаре. Он указал, что непрерывное воспринимается нами прежде всего как неразличимое (например, его известный пример со взвешиваниями). В «Науке и гипотезе» Пуанкаре пишет: «Голые результаты опыта могут быть, следовательно, выражены следующими соотношениями:  $A=B$ ,  $B=C$ ,  $A < C$  (где  $A$ ,  $B$  и  $C$  — результаты взвешивания близких по весу тел. — А. П.), которые можно рассматривать, как формулу физической непрерывности»<sup>1</sup>.

Неразличимость связана с порогом чувствительности нашего восприятия или используемой аппаратуры. Если границы нашей чувствительности не позволяют воспринимать различия, то мы говорим о непрерывности. Что именно так можно интерпретировать пример Пуанкаре, на наш взгляд, подтверждается конечным характером чувствительности любой мыслимой аппаратуры. Тем более это справедливо, когда речь идет о непосредственно невоспринимаемых сущностях — таких, как пространство и время.

Но с введенным Пуанкаре понятием связана и другая трудность, заключающаяся в том, что «физическкая» непрерывность не удовлетворяет соотношению транзитивности. Этот факт свидетельствует о логической противоречивости введенного понятия (что отмечал и сам Пуанкаре).

Подход Пуанкаре был развит в недавнее время Кернером<sup>2</sup>. Однако ему пришлось при этом отказаться от обычной логики. Он определил понятие «эмпирической» непрерывности, используя конечные классы, причем такие классы необходимо включали в себя так называемые «нейтральные» элементы, относительно которых можно было указать правило, определяющее их принад-

---

<sup>1</sup> А. Пуанкаре. Наука и гипотеза. М., 1904, стр. 31.

<sup>2</sup> S. Кёглег. On Empirical Continuity. «Monist», 1962, v. 47, p.p. 1—19.

лежность классу и одновременно отвергающее таковую<sup>1</sup>.

Кроме указанных трудностей, можно также не соглашаться с Пуанкаре и Кернером просто на том основании, что их подход носит чисто феноменологический характер, исходя из поверхностного описания восприятий субъекта и не проникая в «устройство» «вещи в себе».

Поэтому, на наш взгляд, гораздо серьезнее выглядит пока концепция сторонников канторовской непрерывности, к обсуждению которой мы возвращаемся.

7. Теперь подробнее обсудим характер, способ «проникновения» представлений непрерывности в современные физические теории. Мы зададимся целью проследить и обеспечить себе построение какой-либо физической геометрии.

Начиная с конца прошлого века, в математику и физику прочно вошел аксиоматический метод построения теорий. Мы будем следовать ему.

Относительно интересующей нас некоторой частной теории физической геометрии мы можем сказать, что путь ее построения начинается с установления определенного числа аксиом абстрактной геометрии (ААГ). Например, ими могут быть аксиомы: 1) устанавливающие взаимоотношения между постулированными абстрактными объектами, о которых известно только то, что они удовлетворяют системе ААГ; 2) порядка; 3) конгруэнтности; 4) параллельности; 5) непрерывности (аксиома Дедекинда)<sup>2</sup>. Система ААГ имеет отношение к обычной геометрии только по названию. Указанная система аксиом содержит в себе ряд независимых (например, ими будут в ААГ аксиомы 4 и 5).

В процессе построения какой-либо физической геометрии система ААГ претерпевает два этапа интерпретаций. Первый этап приводит к построению математического пространства, которое может быть или не быть метрическим, или евклидовым, или архimedовым. При этом у нас нет пока никаких соображений, связанных непосредственно с фактами реального мира; наш выбор интерпретации определяется здесь только соображениями конвенции и математического удобства.

<sup>1</sup> S. Köglp. On Empirical Continuity. «Monist», 1962, v. 47, p. 6.

<sup>2</sup> См. напр.: Д. Гильберт. Основания геометрии. М.—Л., Гостехиздат, 1948, стр. 24—28.

Второй этап интерпретации, приводящий к еще более низкой ступени абстракции и значительно более богатому содержанию результата, происходит с привлечением данных эксперимента и с выдвижением некоторых эмпирических гипотез. Здесь, например, указывается, что световой луч распространяется по геодезической линии математической модели реального пространства, здесь уточняются соотношения конгруэнтности и т. п. Здесь возникает вопрос о материальной истинности той или иной модели пространства.

8. Проиллюстрированный нами аксиоматический метод построения физической геометрии обладает важной особенностью, а именно: он указывает, что система ААГ характеризуется такой высокой степенью общности, что с точки зрения математической истинности различных интерпретаций системы кажется невероятным, что физическая наука натолкнулась на ту частную интерпретацию пространства и времени, которую она использует по сей день. Эта система может «впитать» в себя, по-видимому, невероятное количество различных ингредиентов, предоставляемых познанием реального мира, без того, чтобы полученные интерпретации оказались логически противоречивыми. Отметим и ту особенность системы ААГ, что в ней имеется ряд независимых аксиом. Эта независимость говорит о том, что логически непротиворечивыми являются геометрии, принимающие как модель, включающую некоторую независимую аксиому, так и модель, включающую ее отрицание (а континуум-гипотеза, как показал П. Дж. Коэн<sup>1</sup>, является независимой). В этом также состоит богатство и широта аксиоматического метода.

С этой точки зрения нам представляется, что непрерывное пространство и время есть лишь весьма «бледная», скучная, бедная деталями интерпретация, сглаживающая различия, которые непременно имеют место «в малом», нивелирующая их своей однородностью, неразличимостью и подобием. Нам представляется также, что правы были Гильберт и Бернайс, которые указывали, что модель непрерывности вряд ли способна работать в малых пространственных интервалах, что неправомер-

<sup>1</sup> П. Дж. Коэн. Теория множеств и континуум-гипотеза. М., «Мир», 1969.

но переносить закономерности уже изученной области физической реальности на еще неизвестные нам вещи: «...у нас нет нужды полагать, что математическое пространственно-временное описание движения имеет физический смысл и для произвольно малых пространственных и временных интервалов, скорее всего, имеет основание предположение, что эта математическая модель экстраполирует факты известной области опыта, а именно, из области движений в пределах того порядка величин, который пока доступен нашему наблюдению, экстраполирует просто в смысле образования понятий... сколь мало масса воды при неограниченном пространственном делении вновь и вновь дает массы воды, столь же мало это имеет место и для движения, т. е., что при делении до бесконечности вновь и вновь возникает нечто, что можно охарактеризовать как движение...

Математическая модель движения имеет, несмотря на это, непреходящее значение для целей упрощенного изображения как идеализирующее образование понятия»<sup>1</sup>.

Нам представляется также, что именно в этом состоит диалектический характер процесса познания, который (характер) проявляет себя, заявляет о себе всевозможными трудностями математического, логического и, наконец, гносеологического порядка, когда мы пытаемся применить наши относительные, приблизительные представления к областям познания, обладающим более богатым, более новым, более конкретным содержанием.

9. Подведем итоги нашего исследования роли непрерывности в физических теориях.

Имеются трудности математического, логического и гносеологического порядков, связанные с принятием концепции непрерывности пространства и времени.

Во-первых, актуально заявляют о себе необходимости квантовой теории, неизменные неудачи построить синтез теории относительности и квантовой механики на основе непрерывности (как, впрочем, и дискретности) пространства и времени.

Во-вторых, существуют принципиальные трудности,

---

<sup>1</sup> D. Hilbert, R. Bergays. Grundlagen der Mathematik. Bd. I, Berlin, 1934, s. 16.

связанные с моделью движения в непрерывном пространстве, на которые указывают апории Зенона.

Наконец, аксиоматический метод построения физической геометрии показывает, что существует бесчисленное множество возможностей получить разнообразные интерпретации системы ААГ, многие из которых, вероятно, могли бы обладать более богатым содержанием, чем модель непрерывности. Непрерывность нивелирует это богатство содержания.

Принимая во внимание все перечисленное, мы при соединяемся к цитированному мнению Гильберта и Бернайса и определяем статус непрерывности пространства и времени в физических теориях как *идеализацию*. На этом основании мы поддерживаем мысль о том, что непрерывность пространства и времени играет в физике роль идеализирующей функции<sup>1</sup>. Эта идеализация состоит в игнорировании существенной структуры пространства и времени «в малом», в обеднении его реального содержания.

10. В заключение отметим, что вряд ли также будет найден выход из создавшегося положения с помощью постулирования дискретного пространства—времени<sup>2</sup>.

Эта концепция столь же стара, как и концепция непрерывности, хотя именно последняя была и остается рабочей. Постулат дискретности пространства и времени, по-видимому, столь же беден (если не беднее), сколь и постулат непрерывности пространства и времени.

Введение дискретного пространства и времени в квантовую теорию поля, проделанное, например, Снейдером<sup>3</sup>, Коишем<sup>4</sup>, Шапиро<sup>5</sup> и другими, устранившее расходимости физических величин, привело к новым трудностям, как-то: невыполнение требования «унитар-

<sup>1</sup> См. Э. М. Чудинов. Пространство и время в современной физике. М., «Знание», 1969, стр. 38.

<sup>2</sup> См. напр.: А. Н. Вяльцев. Дискретное пространство — время. М., «Наука», 1965; Coish H. Elementary particles in a finite World geometry. «Phys. Rev.», v. III/4, 383, (1959); D. Van Dantzig. «Helvetica Physica Acta», Supp., 4, 1956, p. 48.

<sup>3</sup> H. Snyder. Quantized Space — time. «Phys. Rev.», v. 71, 1947, p. 38.

<sup>4</sup> H. Coish. Elementary particles in a finite world... «Phys. Rev.», v. III/4, 1959, p. 383.

<sup>5</sup> I. Shapiro. Weak interactions in the theory of elementary particles With finite space. «Nucl. Phys.», № 21, 1960, p. 474.

ности», несогласование теории «в малом» с принципом релятивизма и т. д.<sup>1</sup>.

Сам Шапиро пишет по этому поводу: «Несмотря на богатство и разнообразие экспериментальных фактов в этой области (области «элементарных» частиц. — А. П.), никаких прямых противоречий с обычной локальной квантовой теорией поля усмотреть пока нельзя. Поэтому до сих пор неясно, необходим ли вообще пересмотр наших пространственно-временных представлений «в малом» или искомая полнота и логическая непротиворечивость теории может быть достигнута без коренного изменения основ»<sup>2</sup>.

Другой физик В. С. Барашенков, отмечает, что сейчас нет необходимости отказываться от установленных пространственно-временных представлений в пользу дискретности даже для субатомных областей ( $\Delta x < 10^{-13}$  см), поскольку нет еще на этот счет никаких экспериментальных указаний<sup>3</sup>.

Если проследить ход развития квантовой теории, не трудно увидеть, что он идет совсем не в направлении совершенного отказа от использования представлений непрерывности, как этого потребовало бы последовательное проведение концепции дискретности. Например, в теории *S*-матрицы, ведущей начало от Гейзенберга (который предсказывал, между прочим, введение в будущую теорию постоянной, размерности длины), существенной характеристикой амплитуд рассеяния является их аналитичность, предполагающая использование понятия непрерывности.

Таким образом, дело заключается не в том, чтобы настаивать на отказе от представлений непрерывности пространства и времени в пользу дискретности их. Как мы видели, логические трудности, связанные с апориями Зенона, в которых используется модель движения в непрерывном пространстве, могут быть преодолены с позиций актуальной бесконечности (С. А. Богомолов, А. Грюнбаум).

Что же касается трудностей гносеологического по-

<sup>1</sup> И. С. Шапиро. О квантовании пространства и времени в теории «элементарных частиц». — «Вопросы философии», 1962, № 5.

<sup>2</sup> Там же, стр. 92.

<sup>3</sup> В. С. Барашенков. Структура пространства и времени в физике микромира. М., «Знание», 1966.

рядка, возникающих в плоскости соотношения эмпирического и теоретического уровней познания, то, на наш взгляд, и здесь возможно дать удовлетворительное решение. Оно заключается в том, чтобы понимать гносеологическую функцию понятия непрерывности в физике как идеализирующую.

Мы не отвергаем здесь *ad hoc* и существенную для современной физики роль представлений дискретности; мы только настаиваем на том, чтобы и дискретность понимать как идеализацию, причем как идеализацию необходимую. Нам представляется очевидным, что использование в современной физике как категории непрерывности, так и категории дискретности является, по меньшей мере, необходимым. Трудность, возникающая при этом, есть, как отметил Гегель, «трудность преодолеть мышление, ибо единственным, что причиняет затруднения, является всегда мышление, потому что оно фиксирует в их различении и разъединении моменты предмета, которые на самом деле связаны друг с другом»<sup>1</sup>.

Поэтому суть дела заключается не в том, чтобы браться из одной крайности в другую, а в том, чтобы всякий раз понимать относительный, приблизительный характер наших знаний о мире, в том, чтобы преодолевать возникающие трудности, помня: «Человеческие представления о пространстве и времени относительны, но из этих относительных представлений складывается абсолютная истина...»<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Гегель. Соч., т. 9, стр. 242.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 181.

Э. М. Чудинов,  
доктор философских наук

## О ФИЛОСОФСКОЙ ОЦЕНКЕ КОНЕЧНЫХ МОДЕЛЕЙ В РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КОСМОЛОГИИ

1. Одной из философских проблем релятивистской космологии является вопрос об объективном содержании конечных моделей, их отношении к действительности. Существуют два различных подхода к решению поставленной проблемы.

С одной стороны, конечные модели рассматриваются как возможные описания структуры Вселенной в целом. При этом данная конечная модель считается моделью Вселенной, если она находится в соответствии с эмпирическими данными. Согласно другой точке зрения конечные модели являются описаниями заведомо локальных областей бесконечной Вселенной.

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы критически проанализировать вышеприведенные подходы к оценке конечных моделей и предложить такое решение, которое более адекватно освещало бы проблему объективного содержания этих моделей.

2. Прежде всего заметим, что вторая из вышеупомянутых точек зрения находится в прямом противоречии с релятивистской теорией однородной и изотропной Вселенной. Эта теория считает не только возможным, но и обязательным глобальное значение конечных моделей. Возможность конечных моделей, охватывающих все допустимое пространство, вытекает из концепции пространства, принятой общей теорией относительности. Общая теория относительности рассматривает пространство не в качестве пустого вместилища материальных явлений, которое не зависит от материи, а как геометрическую структуру гравитационного поля. «Пространственный аспект реальных вещей...,— писал Эйнштейн,— полностью выражается полем  $d\mu\nu$ , зависящим от четырех координат-параметров; он есть свойство этого по-

ля. Если мы представим себе, что поле удалено, то не останется и «пространства», так как пространство не имеет независимого существования»<sup>1</sup>.

Гравитационным уравнениям удовлетворяют, в частности, аналитические выражения, описывающие такое гравитационное поле, которому соответствует замкнутое и в этом смысле конечное пространство — риманово пространство положительной кривизны. Последнее сочетает в себе свойства конечности и неограниченности. Из любой его точки в любом направлении можно неограниченно продолжить наикратчайшие линии — «прямые», которыми в данном случае будут геодезические линии. Однако все они будут замкнутыми и их длины будут иметь конечные значения.

Пространство положительной кривизны, несмотря на его конечность, можно рассматривать как всеобъемлющее пространство. Основанием для такого заключения могут служить два обстоятельства. Во-первых, это пространство представляет собой неограниченное многообразие. Существует прямая связь между категориями неограниченности и всеобщности в применении к пространству. Действительно, если данное пространство ограничено, то оно не может охватывать все пространство. Это явно входит в понятие границы, которая является местом точек, общих для ограниченного пространства и ограничивающего его пространственного фона. И, наоборот, всеобъемлющий характер данного пространства предполагает в качестве необходимого условия его неограниченность.

Во-вторых, основанием считать риманово пространство положительной кривизны как охватывающее все пространство, являются некоторые особенности римановой кривизны. Риманова кривизна в данной точке и в данном направлении совпадает с гауссовой кривизной. Последняя представляет собой меру неевклидовости пространства, то есть свойство его внутренней геометрии. Поэтому риманова кривизна, характеризующая внутреннюю геометрию пространства, и само пространство римановой кривизны не зависят от объемлющего, «фо-

---

<sup>1</sup> А. Эйнштейн. Сущность теории относительности. М., Изд-во иностр. лит., 1955, стр. 147.

нового» пространства. Такой фон для данного пространства данной кривизны необязателен.

Критика конечных моделей, рассматриваемых как описание Вселенной в целом, основана на смешении понятий бесконечности и неограниченности пространства. Обычно ставят вопрос так: если Вселенная конечна (в релятивистском смысле), то что же находится за ее «концом», границей? Признание конечности Вселенной расценивается как допущение за пределами материального мира субстанционального начала, отличного от материи.

Но бесконечность и неограниченность пространства не эквивалентны друг другу. Первое свойство является количественным, а второе — топологическим. Риманово пространство положительной кривизны является примером расцепления свойств бесконечности и неограниченности: оно, конечно, но не имеет границ. Поэтому бесмысленно ставить вопрос о том, что находится за его границами и расценивать модель такого пространства как противоречащую материализму<sup>1</sup>.

Все же (в целях математического удобства и известной наглядности) риманово пространство иногда представляют в виде некоторого объекта, вложенного в объемлющее евклидово пространство большего числа измерений. Так произвольное риманово пространство  $R_n$  может быть локально реализовано в евклидовом пространстве  $\frac{n(n+1)}{2}$  измерений. Реализация римановых пространств частного типа — пространств постоянной кривизны может быть осуществлена значительно проще. Эти пространства, в том числе и пространство положительной кривизны, могут быть *полностью* реализованы на гиперсфере  $n-1$  измерений в евклидовом пространстве  $n$ -измерений. Для двухмерного риманова пространства это дает трехмерный евклидов фон, а для трехмерного — четырехмерный евклидов фон.

Изложенный способ математического представления трехмерного риманова пространства постоянной положительной кривизны нередко служит поводом для критики возможности его реализации. Некоторые авторы счи-

<sup>1</sup> См. по этому вопросу: Г. И. Наан. О бесконечности Вселенной. — «Вопросы философии», 1961, № 6.

тают, что оно в значительной степени зависит от четырехмерного евклидового фона. Но поскольку такой фон является фиктивным в онтологическом смысле, то онтологически фиктивной считается и сама возможность трехмерного пространства, реализующая все пространство, как неограниченное многообразие конечным образом<sup>1</sup>.

Здесь, на наш взгляд, смешиваются две совершенно различные вещи: геометрическое представление и реальность риманова пространства. Как уже говорилось, риманова кривизна пространства — это свойство внутренней геометрии пространства, мера его неевклидовости. Она не нуждается в существовании внешнего фона, хотя последний и применяется ради соображений математического удобства. Ее реальность — это реальность самой внутренней геометрии пространства, его неевклидовых свойств. С этой точки зрения риманово пространство постоянной положительной кривизны не менее реально в онтологическом смысле, чем, допустим, евклидово пространство.

Вообще говоря, можно себе представить замкнутое трехмерное пространство и не прибегая к помощи фиктивного четырехмерного евклидового пространства. Для этого необходимо только принять другой критерий наглядного представления пространства. Таким критерием может служить принцип, предлагаемый Эйнштейном. «Представить себе какое-либо пространство, — отмечает Эйнштейн, — означает не что иное, как представить себе сущность «пространственных» опытов, т. е. опытов, которые можно производить при движении «твердых» тел»<sup>2</sup>.

Пользуясь этим критерием, Эйнштейн следующим образом излагает представление замкнутого (сферического) пространства: «Пусть из некоторой точки проведены прямые (или натянуты шнуры) во всех направлениях и на каждой из них отложена при помощи масштаба дли-

<sup>1</sup> Г. А. Курсанов. Бесконечность и вечность Вселенной. М., «Московский рабочий», 1961, стр. 34—35; Б. Г. Кузнецов. Основы теории относительности и квантовой механики в их историческом развитии. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 132.

<sup>2</sup> А. Эйнштейн. О специальной и общей теории относительности (общедоступное изложение). — Собрание научных трудов, т. I. М., «Наука», 1965, стр. 586.

на  $r$ . Все свободные концы этих отрезков лежат на сфере. Эту поверхность  $F$  мы можем измерить масштабным квадратом. Для евклидового мира  $F = 4\pi r^2$ ; если же мир сферический, то  $F$  всегда меньше  $4\pi r^2$ . С возрастанием  $r$  площадь поверхности  $F$  растет от нуля до некоторого максимума, определяемого «радиусом мира», а при дальнейшем возрастании  $r$  величина  $F$  снова постепенно уменьшается до нуля. Выходящие из начальной точки радиальные прямые сначала все более удаляются друг от друга, а затем снова сближаются и в конце концов вновь сходятся в точке, «противолежащей» начальной точке; таким образом, они промеряют все сферическое пространство. Легко убедиться, что трехмерное сферическое пространство вполне аналогично двухмерному (поверхности сферы). Оно конечно (т. е. имеет конечный объем), но не имеет границ»<sup>1</sup>.

3. Строго говоря, приведенные выше пространства постоянной положительной римановой кривизны являются примерами замкнутых, а не просто конечных пространств. Для того чтобы сделать заключение об их конечности, недостаточно ограничиваться указанием на их метрику, характеризующую положительным значением римановой кривизны. Необходимо также принять дополнительные гипотезы.

На важность дополнительных допущений для определения конечности пространства в космологии, по-видимому, впервые обратил внимание А. А. Фридман. Он заметил, что по одной только метрике не всегда оказывается возможным отличить конечное пространство от бесконечного. «Утверждают, — пишет А. А. Фридман, — что, найдя постоянную положительную кривизну Вселенной, можно якобы заключить о ее конечности и прежде всего о том, что прямая во Вселенной имеет «конечную длину», что объем Вселенной является тоже конечным и т. п. Это утверждение может быть основано или на недоразумении, или на дополнительных гипотезах. Из метрики мира оно ни в коем случае не вытекает... Простые примеры могут убедить нас в этом. Метрика поверхности цилиндра и метрика плоскости одинаковы, между тем на цилиндре существуют «прямые» конечной длины... тогда как таких прямых нет вовсе на

<sup>1</sup> А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. I, стр. 586.

плоскости. Вопрос конечности пространства зависит не только от метрики его, но и от условия, когда две системы координат определяют одну и ту же точку»<sup>1</sup>.

Вопрос о том, когда две совпадающие точки пространства не различаются и являются одной точкой, есть вопрос о связанности пространства. Требуемое дополнение должно указывать на односвязность пространства постоянной положительной кривизны. А это, в свою очередь, требует уточнения, что следует принимать под различными точками. Без такого уточнения у нас не будет необходимой однозначности. Например, будем рассматривать шар как поверхность трехмерного евклидового пространства. Это пространство, согласно нашему определению, конечно, если точки, лежащие на одной параллели с разностью долгот в  $360^\circ$ , мы будем считать совпадающими. И, наоборот, оно, по определению, бесконечно, если эти точки будут нами рассматриваться как различные. В последнем случае мы будем иметь бесконечно многослойную сферу, для которой определение конечности пространства не выполняется.

Уточнением фридмановского определения конечности пространства является формулируемый им принцип: между двумя разными точками можно провести одну и только одну прямую (геодезическую) линию. Приняв этот принцип, Фридман исключает неоднозначность в вышеприведенном примере. Из этого принципа следует, что реализованное на гиперсфере пространство постоянной положительной кривизны является конечным.

4. Иногда утверждают, что допущение конечности пространства являлось бы нарушением материалистического принципа неуничтожимости материи и движения и противоречит законам сохранения. Такое утверждение представляется ошибочным. Однако в отношениях между конечными моделями и законами сохранения наблюдается ряд особенностей, которые уместно отметить.

Своеобразие отношений конечных моделей к законам сохранения заключается в том, что все известные конечные модели конструируются или на основе элиминирования законов сохранения, или же законы сохранения вырождаются в них в тождество. Примерами перво-

<sup>1</sup> А. А. Фридман. Мир как пространство и время. М., «Наука», 1965, стр. 101—102.

го рода могут служить модели де Ситтера для  $\Lambda > 0$  и  $\Lambda < 0$ , из которых законы сохранения устраниются тем, что тензор материи — энергии — импульса приравниваются нулю. Примерами второго рода служат конечные модели, средняя плотность материи для которых отлична от нуля. Так, в пульсирующих моделях оказываются равными нулю важнейшие физические величины. Например, здесь равен нулю полный электрический заряд модели. В пространстве этой модели любая замкнутая поверхность охватывает с обеих сторон конечные области пространства. Поток электрического поля через эту поверхность равен, с одной стороны, заряду, находящемуся внутри поверхности, с другой — заряду вне поверхности, который имеет противоположный знак. Суммарный заряд внутри поверхности и вне ее имеет нулевое значение. Из представления импульса в виде интеграла, взятого на поверхности, следует также, что и полный импульс во всем пространстве равен нулю.

Интересно, что в замкнутой модели равна нулю ее суммарная масса, вследствие чего модель, в известном смысле, является пустой. Пустоту модели в данном случае не следует, однако, смешивать с пустотой модели де Ситтера, где она означает равенство нулю средней плотности вещества и обращение в нуль тензора материи — энергии — импульса  $T_{ik}$  во всех точках пространства. В рассматриваемом случае средняя плотность не только не равна нулю, но, наоборот, выше некоторого критического значения ( $\rho_i > 10^{29} \text{ г/см}^3$ ). В то же время здесь равна нулю суммарная масса всей модели.

Обращение в нуль суммарной массы замкнутой модели происходит за счет так называемого гравитационного дефекта массы, который аналогичен дефекту массы в ядерной физике. Известно, что масса дейтона меньше, чем суммарная масса протона и нейтрона. Некоторая часть массы приходится здесь на энергию, освобождающуюся при соединении протона и нейтрона в дейтон. По тем же соображениям масса двойной звезды, указывает Зельдович, меньше суммы масс двух звезд, взятых в отдельности. В замкнутом мире, продолжает он, гравитационный дефект, соответствующий взаимодействию всех звезд и частиц, составляющих мир, в точности равен сумме масс всех звезд, частиц и т. д., взятых в отдельности.

Вырождение законов сохранения в тождество было бы неправильно расценивать как их нарушение. Нарушением этих законов было бы нечто другое, а именно несохранение выраженных ими величин — массы, энергии, импульса и т. д. Но ничего подобного в конечных моделях не наблюдается.

Неправильным было бы также видеть в «пустоте» конечных моделей уступку идеализму. Эта «пустота» есть следствие гравитационного дефекта суммарной массы модели. Она так же не отрицает наличие материи, как дефект массы в ядерной физике не доказывает исчезновения материи.

5. Таким образом, допущение конечности пространства типа той, которая наблюдается в римановых пространствах постоянной положительной кривизны, не противоречит принципам материализма, по крайней мере таким, как принцип единства и единственности материальной субстанции. Пространственная конечность релятивистских «миров» ни в какой мере не ведет к бифуркации, то есть к удвоению мира, ибо пространство конечной модели не в меньшей степени способно быть глобальным, чем пространство бесконечной модели. Какой вывод можно сделать из всего сказанного? Совместимость принципов материализма с тезисом о пространственной конечности означает отсутствие жесткой связи этих принципов с идеей пространственной бесконечности. Оговоримся, что в данном случае речь идет не о бесконечности, как о таковой, а лишь об одной ее конкретной форме — бесконечности метрически единого пространства, или кратко, метрической бесконечности. Метрическая бесконечность отнюдь не является единственной логически допустимой формой бесконечности. Наряду с ней имеются и другие формы.

Необходимость метрической бесконечности доказывается не только построением конечных моделей в их глобальной космологической функции. Бесконечность, с которой имеет дело релятивистская космология, предполагает наличие единого мирового пространства. Однако наличие этой предпосылки далеко не очевидно.

Общая теория относительности в общем случае определяет пространственные, а также временные отношения только локально, для бесконечно малой области. Для того чтобы перейти к понятиям мирового простран-

ства и времени, вводится космологический постулат, утверждающий однородность и изотропность пространства. Кроме того, принимается привилегированная система отсчета (сопутствующая, связанная с мировым субстратом).

Если пространство неоднородно, то утрачивает безусловный характер постановка вопроса о мировом характере пространства. При анизотропии пространства «мировой статут» пространства может быть сохранен, но оно перестает быть единым мировым пространством.

6. Рассуждая в рамках релятивистской космологии, которая является современным этапом в развитии космологических учений, нельзя a priori выделить какую-либо из моделей — конечную или бесконечную — по степени их экстраполяльности. Конечные модели в чисто теоретическом плане нисколько не «хуже» бесконечных моделей. Необходимо отклонить как несостоятельную точку зрения, согласно которой бесконечные модели могут быть описаниями Вселенной, а конечные — способны описывать лишь локальные области материально-го мира.

Но Вселенная все же в каком-то смысле бесконечна, и идея бесконечности занимает привилегированное положение в ее описании. Говоря о бесконечности, мы в данном случае имеем в виду не метрическую ее бесконечность, а бесконечность совершенно иного типа, бесконечность, которую можно было бы назвать *практической бесконечностью*. (Практическая бесконечность является идеализацией очень больших конечных, но практически не охватываемых человеческой деятельностью величин). Существование бесконечности этого типа подтверждено опытом и ее наличие не вызывает сомнений.

Практическая бесконечность вполне реализуется в конечной области. Это обстоятельство, в частности, отмечается Ф. Энгельсом. «Крайней границей нашего естествознания, — писал Энгельс, — является до сих пор *наша* вселенная, и, для того чтобы познавать природу, мы не нуждаемся в тех бесконечно многих вселенных, которые находятся за пределами нашей вселенной. Более того, только одно солнце из миллионов солнц и его система образуют существенную основу нашего астрономического исследования. Для земной механики, физики и химии нам приходится более или менее, а для органи-

ческой науки всецело, ограничиваться нашей маленькой Землей. И тем не менее это не наносит существенного ущерба практически бесконечному многообразию явлений и познанию природы, точно так же как не вредит истории аналогичное, но еще большее ограничение ее сравнительно коротким периодом времени и небольшой космологии. Как известно, релятивистская космология в

Положение Ф. Энгельса о том, что практически бесконечной является конечная область Вселенной, приобретает актуальность в связи с данными релятивистской космологии. Как известно, релятивистская космология в большей степени, чем космология классическая, подчеркивает ограниченность области наблюдений. Это связано с понятием космологического горизонта. С физической точки зрения горизонт представляет собой следующее. По мере приближения к предельному расстоянию, именуемому горизонтом, «красное смещение» усиливается в такой мере, что видимая частота света стремится к нулю. В силу этого горизонт является границей, отделяющей видимые объекты от тех, которые принципиально не могут наблюдаться в современную эпоху. С математической точки зрения горизонт представляет собой сечение четырехмерного континуума световым конусом. Это сечение конечно. С течением времени оно возрастает, однако для любого момента времени остается конечным.

Горизонт существует как у конечных, так и у бесконечных моделей. Наличие горизонта как бы выравнивает различие между ними и в смысле размеров наблюдаемой области. В обоих случаях эта область является конечной. И в то же время эта область, или даже ее часть практически бесконечна.

7. Существует и еще один аспект бесконечности материального мира. Опираясь на опыт развития науки, В. И. Ленин выдвинул и обосновал идею неисчерпаемости материального мира. Согласно этой идее материальный мир неисчерпаем в своих проявлениях, формах, закономерностях. Наши знания, в том числе и те, которые представлены физическими, космологическими теориями, являются идеализирующими упрощениями реального мира, отражающими его лишь с определенной

---

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 552.

степенью точности и полноты. Реальный мир, разумеется, сложнее того, чем он нам представляется в свете нынешних достижений науки.

Следовательно, мы должны критически подойти к любой попытке абсолютизировать то или иное описание Вселенной, как окончательное описание всей ее структуры. Это относится как к попыткам абсолютизации бесконечных, так и конечных моделей, а также к попыткам абсолютизации их физической основы — общей теории относительности. Конечные модели, даже в том случае, если они хорошо согласуются с данными наблюдений, отнюдь не определяют реальную конечность Вселенной. Но их ограниченность заключается не в том, что они описывают лишь «локальную область» Вселенной, а в том, что в качестве теоретических описаний они имеют значение относительной истины.

**В. Б. Берестецкий,**  
доктор физико-математических наук, профессор

## ОБРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Согласно общей теории относительности структура пространства—времени сама определяется веществом. Однако гравитационные взаимодействия, играющие основную роль при крупных скоплениях вещества, в физике элементарных частиц столь малы, что ими всегда пренебрегают. Тогда мы остаемся в области специальной теории относительности, в которой свойства пространства—времени не зависят от вещества.

Суть применения принципа относительности в физике элементарных частиц состоит в том, что свойства элементарных частиц должны отражать те свойства симметрии, которыми обладает пространство—время.

Какие это симметрии? Самые важные — следующие три: 1) В пространстве нет никакого выделенного начала, оно однородно. 2) Однородно и время, нет выделенного начального момента времени. 3) Пространство изотропно, в нем нет выделенных направлений.

С этими свойствами симметрии пространства и времени тесно связаны основные физические законы сохранения. Связь законов сохранения со свойствами пространства была понята давно. Свойство однородности времени приводит к закону сохранения энергии. Свойство однородности пространства приводит к закону сохранения импульса (количество) движения. Свойство изотропности приводит к закону сохранения момента количества движения.

Это строгие законы, они непосредственно связаны со свойствами пространства и времени. Если мы где-то обнаружим какое-то их нарушение, то это значит, что мы тем самым должны внести какие-то видоизменения в наши представления о пространстве и времени. До сих пор не обнаружено никаких явлений, которые противоречили бы законам сохранения энергии, количества движения и момента количества движения.

Кроме перечисленных свойств, пространство обладает еще симметрией отражения (зеркальной симметрией). В классической физике это свойство не проявлялось, но в квантовой физике оно приводит к новому закону сохранения, который носит название закона сохранения четности. Этот закон тоже считался строгим законом природы, пока он не был опровергнут опытом, связанным с поведением элементарных частиц.

Зеркальная симметрия — это симметрия между правым и левым. И естественно думать, что между законами, которые управляют процессами, протекающими в нашем пространстве, и законами, которые управляют процессами, протекающими в отраженном пространстве, так сказать, в пространстве, находящемся за зеркалом, не должно быть никакой разницы. То есть между правым и левым не должно быть принципиальной разницы.

Известно, что мы сами устроены не симметрично относительно правого и левого. Сердце у нас находится слева. Но этот факт сам по себе не противоречит тому, что законы природы инвариантны (равнозначны) в отношении правого и левого.

Чтобы пояснить требование зеркальной симметрии законов природы, представим себе человека из другого мира. Непосредственного контакта с ним нет, а есть, допустим, радиосвязь. Мы не можем узнать, с какой стороны у него сердце, потому что не можем объяснить отличие правого от левого, пока нет объективных фактов, которые могли бы указать на физическое явление, отличающее левое от правого.

Оказалось, однако, что зеркальная симметрия нарушается. В чем состоит это нарушение?

В физике имеются два вида направленных величин. Один — типа стрелы, которая имеет направление, а другой — типа штопора. Штопор не определяет само направление. Направление движения его конца зависит от направления вращения. Эти два типа величин по-разному отражаются в зеркале. Если вы поставите зеркало параллельно стреле или оси штопора, то в зеркале стрела будет направлена так же, а винт правый превратится в левый.

Элементарные частицы обладают своими внутренними свойствами, которые аналогичны свойствам штопора. Это свойство, подобное вращению волчка вокруг своей

бся, проявляется в том, что у частицы есть свой момент количества движения (спин).

В начале 1957 г. были опубликованы опыты по распаду радиоактивного кобальта. Ядра кобальта были одинаковым образом ориентированы (все штопоры левые). Было обнаружено, что электроны, которые вылетают при радиоактивном распаде из ядер кобальта, имеют преимущественно направление в одну сторону: электронов, вылетающих вперед, больше, чем электронов, вылетающих назад. Этот факт — пример того, как абстрактное рассуждение о свойствах пространства и времени связано со зримыми экспериментальными результатами. Тот факт, что электроны летят вперед и назад, неравнopravno, противоречит зеркальной симметрии законов природы, потому что для ядер кобальта в зеркальном отражении левый винт становится правым, а электроны продолжают вылетать в том же направлении. Поэтому теперь я уже могу отличить правое от левого и могу мысленному корреспонденту из другой цивилизации в других мирах дать точную справку, что мы на Земле называем правым, а что левым. Именно: левым мы называем такой штопор, который винчиваются в направлении преимущественного вылета электронов из радиоактивного кобальта при вращении, отвечающем ориентации ядер кобальта в условиях упомянутого выше опыта.

Таким образом, симметрия зеркального отражения оказалась нарушенной. Возникает неприятное ощущение, потому что не видно, почему природа отдает предпочтение правому или левому. Однако чувство удовлетворенности восстановилось благодаря идеи, которую развел Л. Д. Ландау.

История такова. Сначала два американских физика Ли и Янг, анализируя один из опытов, высказали гипотезу о несохранении четности. Ландау не разделял эту точку зрения. Он до тех пор не верил в справедливость подобной гипотезы, пока не придумал, как нарушить четность и тем не менее восстановить симметрию. Потом в США были сделаны опыты с кобальтом (о которых говорилось выше) и детали их согласовались с видоизмененным законом, впервые предложенным Ландау.

Итак, существует замечательная симметрия, непосредственно не связанная с пространством и временем.

Это симметрия между частицами и античастицами. Есть электрон и позитрон, протон и антiproton, и так далее. Наше ближайшее окружение содержит только протоны и электроны. Этот факт сам по себе не противоречит такой симметрии (подобно тому как нахождение сердца слева не противоречит зеркальной симметрии). Но он способствовал тому, что симметрия зарядов была осознана сравнительно поздно. В какой степени эта привычная теперь симметрия была чужда основным идеям теоретической физики говорит тот факт, что один из крупнейших теоретиков В. Паули, когда впервые была высказана гипотеза о существовании позитрона, отнесся к ней крайне скептически. Интересно, что он не аргументировал тем, что позитронов нет, а сказал, что странно было бы, если бы существовала такая симметрия в знаках заряда. Потом выяснилось, что позитрон есть, антiproton есть, и что это свойство имеет более широкое значение. Представление о зарядовой симметрии восторжествовало.

Предложение Ландау сводилось к тому, что симметрия отражения восстанавливается, если законы природы инвариантны не относительно простого зеркального отражения, а относительно отражения с одновременным изменением частиц на античастицы. Тогда, если кобальт с левым штопором испускает электроны вперед, то антикобальт будет в тех же условиях иметь правый штопор и испускать позитроны тоже вперед, и вся симметрия восстановится. Мы можем сказать, что за зеркалом кобальт является антикобальтом и нарушения обобщенного Ландау закона нет.

Парадокс с человеком другой цивилизации разъясняется так. Пусть левым мы называем направление, которому соответствует винт, откалибранный по распаду кобальта. Но как выяснить, с чем имеет дело наш корреспондент: с кобальтом или с антикобальтом? Состоит ли он из протонов или электронов или из антiprotonов и позитронов? Равноправность левого и правого сохранена.

Свойства зеркальной симметрии характеризуют символом  $P$ , свойства симметрии частиц—античастиц—символом  $C$ . Таким образом,  $P$ -четность не сохраняется, и  $C$ -четность тоже не сохраняется. Сохраняется комбинированная  $CP$ -четность. Принцип соответствия

симметрии пространства — времени симметрии законов взаимодействия был восстановлен.

Так обстояло дело до опытов, которые были проведены группой физиков из Принстонского университета в 1964 г. Эти опыты относятся к исследованию свойств замечательных частиц, которые называются нейтральными ка-мезонами. Эти частицы замечательны во многих отношениях. Эксперименты с ними были очень существенны вообще для развития наших представлений о характеристиках, которые следует приписывать элементарным частицам.

Существуют два нейтральных ка-мезона, отличающихся временем жизни (долгоживущие живут  $10^{-8}$  сек, короткоживущие —  $10^{-10}$  сек) и по массе. Отличие по массе ничтожно (тоже замечательный факт). В энергетическом выражении масса ка-мезона составляет примерно 500 млн. электрон-вольт, а разность масс имеет масштаб  $10^{-7}$  электрон-вольт. Ясно, что с помощью прямых измерений масс частиц, которые к тому же являются нейтральными и не отклоняются в магнитных полях, было бы невозможно установить разницу между ними даже при условии наличия приборов высокой точности. Эта возможность открывается благодаря волновым свойствам ка-мезонов. Они позволяют измерять обратную величину, соответствующую большой длине волны. Если на пути частиц поставить мишень, то распространение и распад этих частиц, их превращение друг в друга происходит таким образом, что можно наблюдать биение между волнами, определяемыми большей и меньшей массой. Частота биений определяется разностью масс, она отвечает большим расстояниям, доступным для лабораторных измерений.

Чем отличаются и почему так различаются по времени жизни долгоживущие и короткоживущие ка-мезоны? Различаются они тем, что у них в основном разные способы распада. Одни из них распадаются на два пи-мезона, а другие на три пи-мезона. Считалось, что тот, который распадается на два пи-мезона, не может распадаться на три пи-мезона, и наоборот. Это связано с законом сохранения СР-четности, потому что система из двух пи-мезонов является четной относительно такого комбинированного отражения, а система из трех пи-мезонов — нечетна. Поскольку у них разные свойства,

постольку ка-мезоны рассматриваются как разные частицы, ибо каждая имеет свое значение (+ или —) СР и одна не может перейти в другую сама по себе. Оказалось, однако, что в  $1/3000$  доли от нормального распада долгоживущих нейтральных ка-мезонов они распадаются не на три пи-мезона, а на два пи-мезона. Этот факт проверялся неоднократно и многие эксперименты показали, что такое явление существует.

Следовательно, мы приходим к заключению, что закон сохранения СР-четности тоже нарушается, и гипотеза Ландау оказывается в строгом смысле неверной. Из этого явления уже можно установить, что такое правое и что такое левое, что такое частица и что такое античастица, то есть отличить их.

Я не имею возможности подробно объяснять те свойства систем двух пи-мезонов и трех пи-мезонов, которые помогли бы сразу понять, насколько фундаментален тот факт, что частица, которая должна была распадаться на три пи-мезона, распадается на два пи-мезона. Приведу другой опыт, в котором можно сразу почувствовать, что симметрии между зарядами нет. Речь идет о том, что долгоживущий ка-ноль мезон может распадаться еще такими двумя способами:

$$K_L^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu} \text{ или}$$
$$K_L^0 \rightarrow \pi^- + e + \nu,$$

где обозначено  $K_L^0$  — долгоживущий нейтральный ка-мезон,  $\pi^\pm$  — пи-мезон с положительным или отрицательным зарядом,  $e^\pm$  — позитрон или электрон,  $\nu$  — нейтрино,  $\bar{\nu}$  — антинейтрино. Один распад от другого отличается заменой частиц на античастицы и при симметрии число распадов по первой и второй схемам должно быть одинаковым. Между тем оказывается, что оно неодинаково. Отличие незначительно, но оно, несомненно, есть. Мы можем теперь определить для наших дальних корреспондентов, что называется электроном и как его отличить от позитрона.

«Возьмите, — скажем мы, — долгоживущий нейтральный ка-мезон и последите за его распадом на пи-мезон, электрон и нейтрино: тот электрон, который появляется чаще, мы называем электроном, а тот, который реже, — позитроном». Теперь человек другого мира сможет от-

вётить, из чёгò ої построен: из вещества илї антiveщества и, проделав опыт с кобальтом, определить слева или справа у него сердце.

Это есть факт, СР нарушается. Некоторые физики этим не удовлетворены и ищут, как бы все-таки сохранить симметрию (как это делал Ландау на предыдущем этапе). Ландау опирался на то, что, кроме частиц, есть античастицы. Можно высказать гипотезу, что на самом деле этих ка-мезонов не два, а четыре; и тогда симметрия может восстановиться. Пытались также объяснить это явление, исходя из других соображений, но объяснения не получилось. Некоторые физики ничего особенного в нарушении СР-симметрии не видят: таковы законы природы и пространство обладает такой «кривостью», оно симметрично в смысле однородности, а относительно зеркальной симметрии несимметрично.

Перейдем к свойствам времени. Какое отношение они имеют к предыдущему? Оказывается, что есть связь между нарушением СР-симметрии и симметрией знака времени (обращением времени).

Обратимся к четырехмерному пространству—времени, специальной теории относительности Эйнштейна и посмотрим, как связано между собой отражение и обращение времени.

Нарисуем только две оси « $x$ » и « $t$ ». Для нас важно, что имеется пространственная ось и ось времененная. Пространственное отражение означает замену направления оси  $x$ , а отражение, обращение времени, изменяет направление оси  $t$ .

Геометрическая интерпретация принципа относительности состоит в том, что в плоскости все направления равноправны. Можно делать повороты координат, и это все равно, как если бы были просто две оси (« $x$ » и « $y$ ») на плоскости. Безразлично, куда направить оси. Поворот в  $xt$ -плоскости означает переход к другой системе отсчета.

Заметим, что относительно поворотов у нас сомнений нет. Повороты отвечают изотропности пространства—времени, то есть принципу относительности. Отражение координат — другое дело. Оно было дополнительным требованием, которое не оправдалось. Но отражение и координаты и времени — это есть поворот на  $180^\circ$ . Если бы плоскость « $xt$ » была обычновенной евклидовой

плоскостью как  $\langle xy \rangle$ , то было бы ясно, что если нет инвариантности относительно такого отражения, то нет и инвариантности относительно вращения. Если нарушается одно, то нарушается и другое.

Так было бы, если бы эта плоскость была евклидовой плоскостью. Но для плоскости  $\langle xt \rangle$  дело обстоит иначе. Теория относительности разрешает повороты внутри угла в  $45^\circ$ . В такой системе единиц, где скорость света равна 1, поворот на больший угол означал бы переход к такой системе, которая движется с большей скоростью, чем скорость света, но это невозможно. Поэтому мыслим в принципе запрет поворота на  $180^\circ$ , который отвечает отражению. Преобразование такого поворота, дополненное изменением знаков заряда в теории элементарных частиц, называется СРТ-преобразованием. Возникает вопрос, существует ли такая полная симметрия СРТ? Пока что всякая теоретическая модель оказывается СРТ-инвариантной. Если допускается «нормальный» поворот, то структура соответствующей математики такова, что допускается поворот и на  $180^\circ$ . Из СРТ-инвариантности следуют многие важные предсказания. Наиболее фундаментальным является требование полной симметрии свойств частиц и античастиц: равенство их масс, равенство по величине и противоположность по знаку магнитных моментов и другие. До сих пор не было найдено никаких отклонений от этих законов. Если СР нарушается, возникает альтернатива: или нет этой СРТ-инвариантности, или нарушается и Т-инвариантность.

Я хочу подчеркнуть, что эти общие абстрактные рассуждения ставят вопрос, ответ на который может быть получен при помощи экспериментов (они в настоящее время ведутся). В частности, изучается соотношение между различными типами распада. За истекшие 3,5 года их сделано довольно много. Я упоминал о двух таких опытах. Но наряду с этим много сделано хороших и нужных экспериментов с отрицательным результатом, которые тоже имеют большое значение.

Важнейший из таких результатов относится к поискам дипольного момента нейтрона. Раньше считалось, что у элементарных частиц, у ядер, у атомов нет дипольного момента в силу наличия зеркальной симметрии. Действительно, дипольный момент должен быть ку-

да-то направлен. Каждое ядро или элементарная частица, обладающая спином, имеет связанную с ним ось вращения. (Как уже отмечалось выше, спин — это величина типа штопора). Дипольный момент — величина типа стрелки, поэтому, если в одной системе координат винт и стрелка совпадают по направлению, то в зеркально отраженной системе они будут антипараллельны. Этот эффект невозможен, если имеет место зеркальная симметрия.

Зеркальной симметрии в полном смысле нет, мы это знаем с 1957 г. Тем не менее запрет дипольного момента гораздо сильнее, он обусловлен именно симметрией времени ( $T$ ).

Дело в том, что дипольный момент характеризуется произведением заряда на расстояние. Обе эти величины не имеют отношения к преобразованию времени. Магнитный же момент, как и момент количества движения, меняет знак при обращении времени. Действительно, обращение времени означает изменение направления скорости, которой пропорционален момент. Дипольный момент нельзя совместить с осью частицы по двум причинам: из-за нарушения Р-инвариантности и из-за нарушения Т-инвариантности.

Такие опыты проводились в свое время в США на интенсивном источнике нейтронов. Потом к этому вопросу интерес угас. Верили в то, что дипольного момента быть не может, и только теперь, после выяснения нарушения СР-симметрии, этот вопрос вновь поставлен, причем удалось повысить точность эксперимента приблизительно в сто раз. Опыты не обнаружили дипольного момента. Потребуется еще значительное увеличение точности для его обнаружения. Вполне возможно, что требуемая точность окажется за пределами возможностей сегодняшнего уровня экспериментальной техники.

Замечательно то, что можно ставить прямые опыты, которые в принципе призваны дать ответ на вопрос, есть ли симметрия при замене прошлого на будущее.

ПРИНЦИП НЕИСЧЕРПАЕМОСТИ МАТЕРИИ  
И НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ  
СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

Принцип неисчерпаемости материи в нашей философской литературе, как правило, связывается с философскими вопросами теории элементарных частиц. Между тем не меньший интерес представляет связь этого принципа с другими философскими вопросами, а именно: проблемой дополнительности в квантовой механике и проблемой бесконечности пространства и времени в релятивистской космологии. На эту сторону дела обычно не обращают должного внимания, а она может иметь серьезное эвристическое значение. Как известно, квантовая механика и теория относительности (которая лежит в основе релятивистской космологии) являются основными физическими теориями XX века (если учесть, что логически замкнутая теория элементарных частиц пока не построена). В то же время проблема дополнительности является центральной философской проблемой квантовой механики, а проблема бесконечности пространства и времени — центральной философской проблемой релятивистской космологии. Отсюда ясно, что выбор указанных проблем не является случайным.

Как известно, проблема дополнительности связана с принципом дополнительности, который Н. Бор сформировал в 1927—1928 гг. Этот принцип был получен Бором путем обобщения двух соотношений: соотношения неопределенности для координаты и импульса  $\Delta p \cdot \Delta q \geq \hbar$  и соотношения неопределенности для энергии и времени  $\Delta E \cdot \Delta t > \hbar^1$ . Здесь  $q$  — координата микр-

<sup>1</sup> Эти соотношения рассматривались Бором для свободного микрообъекта, то есть неподверженного действию внешних сил. Но они сохраняют силу и для связанного объекта, несмотря на то, что в этом случае полная энергия и импульс не являются одновременно измеримыми.

объекта:  $t$  — момент времени, в который объект исследуется;  $p$  — его импульс;  $E$  — его энергия;  $\hbar$  — постоянная Планка;  $\Delta q$ ,  $\Delta t$ ,  $\Delta p$ ,  $\Delta E$  — неопределенность в значениях соответствующих величин.

Как известно, из этих соотношений следует, что нельзя одновременно измерить вполне точно импульс микрообъекта, с одной стороны, и его координату — с другой; или энергию микрообъекта и тот момент времени, в который он обладает этой энергией (если его координаты при этом известны). Сопоставим эти соотношения следующим образом:

$$\begin{array}{c} \text{ИЭ} \quad \text{ПВ} \\ \Delta \overline{|p|} \cdot \Delta \overline{|q|} \geq \hbar \\ \Delta \overline{|E|} \cdot \Delta \overline{|t|} \geq \hbar \\ \uparrow \quad \uparrow \\ \text{дополнительность} \end{array}$$

С одной стороны, мы имеем импульсно-энергетическое описание поведения микрообъекта (ИЭ), а с другой стороны, описание пространственно-временное (ПВ). Учитывая это, мы можем сказать, что общий смысл двух приведенных соотношений заключается в том, что точное применение к микрообъекту понятий пространства и времени и точное применение законов сохранения импульса и энергии взаимоисключают друг друга<sup>1</sup>. Еще в классической физике была показана тесная связь законов сохранения импульса и энергии с принципом причинности. Поэтому наиболее общая формулировка принципа дополнительности в квантовой механике, согласно Бору, имеет следующий вид: пространственно-временное описание поведения микрообъекта и причинно-следственное описание этого поведения «дополняют», то есть взаимоисключают друг друга<sup>2</sup>.

Как показано в соответствующей литературе<sup>3</sup>, при таком понимании принципа дополнительности (когда на понятия пространства, времени и причинности не накладывается в явном виде никаких ограничений) неиз-

<sup>1</sup> См. Н. Бор. Атомная физика и человеческое познание. М., изд-во иностр. лит., 1961.

<sup>2</sup> N. Bohr. Atomic Theory and the Description of Nature Cambridge 1934, pp. 54—55.

<sup>3</sup> См., напр., I. Jeans, Physics and Philosophy, Cambridge, 1942.

бенно отрицается атрибутивность пространства, времени и причинности и понятие объективной реальности в понимании материализма сближается с пониманием объективной реальности у объективного идеализма (так как материя отличается от сверхъестественной «реальности» именно тем, что она существует в пространстве и во времени и ее конкретные проявления связаны причинной зависимостью). В этом и состоит проблема дополнительности, ибо принцип дополнительности в указанной формулировке ведет к коллизии между материалистическим тезисом об атрибутивности пространства и времени, с одной стороны, и материалистическим же тезисом об атрибутивности причинности, с другой<sup>1</sup>.

Как известно, из принципа неисчерпаемости материи следует, что материя неисчерпаема как «вширь», так и «вглубь» (то есть как в макро-, так и в микронаправлении). Учет неисчерпаемости материи «вглубь» дает ключ к решению указанной проблемы. Неисчерпаемость материи «вглубь» означает неисчерпаемость у нее конкретных форм всех ее атрибутов (при уменьшении масштабов исследуемых объектов). А это означает, что при движении в микронаправлении должны кардинально изменяться какие-то свойства пространства, времени и причинности, то есть мы практически должны иметь дело с микропространством, микровременем и микропричинностью, качественно отличными от макропространства, макровремени и макропричинности. Так как у нас пока нет информации, в каком именно отношении эти формы отличаются от своих макроскопических аналогов, то мы пользуемся при описании поведения микрообъектов понятиями макропространства, макровремени и макропричинности, заимствованными из макромира. Поскольку эти последние понятия не адекватны микромиру, то, естественно, при их применении к описанию поведения микрообъекта должен наблюдаться какой-то конфликт между ними. «Дополнительность» и есть как раз выражение этого конфликта.

Таким образом, принцип неисчерпаемости материи «вглубь» позволяет дать точную формулировку принци-

---

<sup>1</sup> Под термином «атрибут» здесь и дальше понимается такая характеристика материи, которая присуща всем без исключения ее состояниям, а не только некоторым.

на дополнительности, при которой этот последний не только не противоречит диалектическому материализму, но является ярким проявлением диалектического характера нашего познания новых форм физической реальности. В этой формулировке принцип дополнительности гласит: при описании поведения микрообъекта на языке макропредставлений макроскопическое пространственно-временное описание и макроскопическое причинное описание взаимоисключают друг друга. Ясно, что теперь речь идет не об исчезновении этих атрибутов материи в микромире, а об их видоизменении. Сама «дополнительность» является как бы косвенным симптомом существования в микромире микропространства, микровремени и микропричинности (между которыми уже нет отношения взаимоисключаемости). Это отнюдь не ориентирует нас на поиски «скрытых параметров» в макроскопическом смысле (то есть в смысле классической физики). Напротив, это ориентирует нас на поиск величин особого рода (типа постоянной Планка и тому подобное), характеризующих отклонение фундаментальных свойств пространства, времени и причинности от свойств макропространства, микровремени и микропричинности.

Отсюда видно эвристическое значение положения о неисчерпаемости материи.

Мы уже говорили, что принцип неисчерпаемости материи и ее атрибутов нужно понимать не только в смысле неисчерпаемости «вглубь», но и «вширь», и здесь мы переходим к проблеме бесконечности пространства и времени. Казалось бы, при этом мы переходим в другую область, тем не менее методологически, гносеологически и онтологически между этими вопросами имеется глубокая связь.

В чем состоит проблема? Она состоит в том, что из известного уравнения тяготения Эйнштейна, примененного к Метагалактике, получается соотношение  $\delta = -C_1 \cdot \mu = C_2$ <sup>1</sup>. Это соотношение получено Фридманом в 1922 г. Здесь  $\delta$  — риманова кривизна трехмерного пространства;  $\mu$  — средняя плотность вещества в Метагалактике;  $C_1$  и  $C_2$  — некоторые постоянные. Из этой формулы можно определить среднюю плотность вещества в

←  
<sup>1</sup> См. А. Эйнштейн. Сущность теории относительности. М., изд-во иностр. лит., 1955. Приложение I.

Метагалактике  $\mu_0$ , если пространство является евклидовым (плоским). Для этого достаточно положить  $\delta=0$ . По современным данным  $\mu_0 \approx 4 \cdot 10^{-29} \text{ г/см}^3$ . Определяя опытным путем (на основе астрономических наблюдений) реальную среднюю плотность вещества в Метагалактике  $\mu$  и сравнивая ее с евклидовой плотностью  $\mu_0$ , мы можем столкнуться с двумя возможностями: 1)  $\mu$  больше  $\mu_0$ ; 2)  $\mu$  меньше  $\mu_0$ . (Случай  $\mu=\mu_0$  по отношению к проблеме бесконечности пространства приводит к тем же философским выводам, что и  $\mu < \mu_0$ , поэтому мы можем его отдельно не рассматривать.) Согласно теории Фридмана, если  $\mu > \mu_0$ , то мировое пространство по своей структуре является пространством постоянной положительной кривизны ( $\delta < 0$ ; «сферический мир»). Если  $\mu < \mu_0$ , то оно является пространством постоянной отрицательной кривизны ( $\delta > 0$ ; «псевдосферический мир»). Сферическое пространство *конечно*; псевдосферическое — *бесконечно* (в метрическом смысле). Таким образом, казалось бы, открывается чисто эмпирический путь для решения проблемы бесконечности пространства. Надо только измерить  $\mu$  и сравнить его с  $\mu_0$ . Правда, в силу того, что  $\mu$  и  $\mu_0$  чрезвычайно малые величины, разность между ними меньше, чем погрешность при современных астрономических методах измерения  $\mu$ . Поэтому с помощью современных методов астрономического наблюдения оказывается невозможным определить не только абсолютную величину  $\mu - \mu_0$ , но даже знак ее. Вопрос в этом плане остается открытым. Однако с чисто физической точки зрения старая философская проблема бесконечности пространства (можно было бы показать, что и времени, но ради простоты изложения мы не будем на этом останавливаться) в принципе может быть решена, казалось бы, чисто эмпирическим путем. Проблема сводится, следовательно, к совершенствованию технических средств измерения.

Между тем принцип неисчерпаемости материи «вширь», применяемый к этому вопросу, показывает, что сама проблема бесконечности пространства (а также времени) с точки зрения материалистической диалектики имеет гораздо более глубокий смысл. Точное определение разности  $\mu - \mu_0$  не позволит решить проблему бесконечности пространства в философском ее понимании. Почему? Потому что с точки зрения принципа не-

исчерпаемости материи *обе* пространственные формы как сферическое, так и псевдосферическое пространство являются «конечными» (то есть понятия о них имеют определенные границы применимости). Следует отметить, что «конечность» пространства в гносеологическом смысле является отражением конечности пространства в онтологическом смысле. Поэтому никакой подмены понятий в данном случае нет. Псевдосферическое пространство, которое как геометрическая абстракция является бесконечным, тоже является «конечным», имеет границы применимости. Это с первого взгляда может показаться парадоксальным, однако парадокс исчезает, если учесть, что как сферическая, так и псевдосферическая модели являются лишь идеализацией реальных форм реального пространства в том же смысле, в каком модели абсолютно твердого тела и идеальной жидкости в классической механике являются идеализацией реальных состояний реального вещества.

Это можно себе наглядно представить таким образом. В одной области Вселенной структура реального пространства близка к структуре сферического пространства, образуя своеобразный «пузырь» в пространстве переменной кривизны, который не является ни идеально сферическим, ни идеально замкнутым; в другой области структура реального пространства близка к структуре псевдосферического пространства, образуя своеобразную «седловину», которая опять-таки не является ни идеально псевдосферической, ни идеально бесконечной (в метрическом смысле).

Таким образом, независимо от того, сферическая или псевдосферическая картина мира будет подтверждена астрономическими наблюдениями, в равной мере каждая из этих картин будет иметь приближенный характер и будет относиться лишь к наблюдаемой (то есть конечной) области Вселенной, ибо действительная бесконечность пространства и времени (как это следует из принципа неисчерпаемости материи) состоит в неисчерпаемости пространственно-временных форм<sup>1</sup>. А если вы фиксировали ту или другую форму, то берете конкретный вид пространства и приписываете ему абсолютное

<sup>1</sup> См. В. И. Свидерский и А. С. Кармин. Конечное и бесконечное. М., «Наука», 1966.

значение. Но тем самым вы нарушили важное следствие принципа качественной неисчерпаемости материи.

Итак, принцип неисчерпаемости материи в применении к релятивистской космологии приводит к следующему заключению: в процессе познания должен наблюдаться процесс смены космологических моделей, связанный с их обобщением. Ни одна космологическая модель не может быть в принципе окончательной: рано или поздно будут обнаружены такие факты, которые не будут укладываться в ее рамки.

Может показаться, что такая ситуация будет свидетельствовать о непознаваемости действительной пространственно-временной структуры Вселенной. Однако такое заключение вполне аналогично следующему заключению эмпириокритиков на рубеже XIX—XX вв.: изменчивость физической картины материи свидетельствует или о непознаваемости материи, или даже об ее отсутствии («исчезновении»). Как известно, В. И. Ленин, опираясь на принцип неисчерпаемости материи, показал, что изменчивость наших естественнонаучных представлений о материи свидетельствует не о непознаваемости материи, а является отражением ее объективной изменчивости (то есть разнообразия ее конкретных форм). Это ленинское возражение против эмпириокритиков приобретает еще более глубокий смысл в применении к современной физике и астрономии. Раз сама пространственно-временная структура Вселенной бесконечно разнообразна, то отражением этого в процессе познания должна быть изменчивость космологических моделей, подчиненная, однако, принципу соответствия (то есть надо учитывать не только изменчивость моделей, но и их преемственность).

Таким образом, принцип неисчерпаемости материи имеет серьезное эвристическое значение и в современных условиях, давая ключ к решению столь разных и столь фундаментальных философских проблем, как проблема дополнительности в квантовой механике (центральная философская проблема физики микромира) и проблема бесконечности пространства и времени в релятивистской космологии (центральная философская проблема физики мегамира).

**А. М. Мостепаненко,**  
кандидат философских наук

## **О КРИТЕРИЯХ АДЕКВАТНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ОПИСАНИЯ**

Вопрос о критериях адекватности пространственно-временного описания имеет чрезвычайно важное значение для развития современного физического познания. Как показало развитие современной микрофизики и космологии, опыт сам по себе не всегда может явиться решающим фактором для принятия тех или иных пространственно-временных моделей. Необходимы философские, методологические критерии, которые могли бы послужить ориентиром в исследовании.

В данной статье мы попытаемся сформулировать некоторые из таких критериев, опираясь на принцип «дополнительности» геометрии и физики<sup>1</sup>, идея которого восходит к работам Пуанкаре и Эйнштейна<sup>2</sup>.

Основное содержание этого принципа состоит в следующем. (1) Физическая геометрия ( $\Gamma$ ) и остальная часть физической теории ( $\Phi$ ) дополняют друг друга, составляя целостную систему теоретического знания физики: изменение одной из них влечет за собой соответствующее изменение другой.

(2) На любом этапе развития физики может существовать несколько описаний одной и той же предметной области типа ( $\Gamma$ ) ( $\Phi$ ) ( $\Gamma$ ) ( $\Phi$ ) ( $\Gamma$ ) ( $\Phi$ )..., каждое из которых соответствует всем имеющимся опытным данным.

<sup>1</sup> См. А. М. Мостепаненко. К проблеме «дополнительности» геометрии и физики.— В сб.: «Вопросы теории познания и методологии научного исследования». Л., Изд-во ЛГУ, 1969; К вопросу о соотношении физики и геометрии.— В сб.: «Методологические проблемы взаимосвязи и взаимодействия наук». М., «Наука», 1970.

<sup>2</sup> А. Пуанкаре. Наука и гипотеза. М., 1904; А. Пуанкаре. Наука и метод. СПб., 1910. А. Пуанкаре. Ценность науки. М., 1906; А. Эйнштейн. Геометрия и опыт. Собрание научных трудов, т. 2.

3) Существуют методологические критерии адекватности (неадекватности) пространственно-временного описания. Таким образом, главная проблема состоит в раскрытии пункта (3) и конкретном анализе соответствующих критериев.

Как известно, исторически первым критерием адекватности пространственно-временного описания выступала *простота* принятой геометрической модели. Именно такой точки зрения придерживался Пуанкаре.

Но приходится признать, что при построении ОТО реализовался как раз противоположный подход: аналитически более простая евклидова геометрия уступила место более сложной — римановой. Поэтому простота геометрической части описания отнюдь не может рассматриваться как критерий его адекватности. Более того, сложная геометрия часто оказывается более адекватной, чем простая.

Но согласно принципу «дополнительности» физики и геометрии усложнение геометрической части описания непременно ведет к упрощению его негеометрической части. Так, в ОТО введение неевклидовой геометрии позволяет не только устраниТЬ из описания универсальную силу *ad hoc* (силу тяготения), но и обнаружить единство *инерции* и *тяготения*, которые в ньютоновской физике считались совершенно различными явлениями. Поэтому можно утверждать, что часто предпочтение отдается не простоте геометрии, а простоте негеометрической компоненты теории.

Если имеется описание типа  $(\Gamma) + (\Phi)$ , то невозможно применить критерий простоты одновременно к  $(\Gamma)$  и  $(\Phi)$ , так как одно фактически исключает другое. Более правильно применить этот критерий к теоретической системе *в целом*, а уже затем выяснить, простота какой ее компоненты более важна для *всей* системы.

Проблема определения простоты теоретического описания, несмотря на ее многочисленные обсуждения, все еще далека от своего решения. Однако очевидно, что простота физической теории не тождественна простоте применяемого в ней математического аппарата. Теория тем более проста, чем меньшее число основных физических идей и принципов лежит в ее основе и чем большую предметную область она при этом охватывает. Но согласование этих двух требований друг с другом воз-

можно лишь при наличии развитого математического аппарата. Эйнштейн пишет: «...наша постоянная конечная цель — все лучшее и лучшее понимание реальности. К логической цепи, связывающей теорию и наблюдение, прибавляются новые звенья. Чтобы очистить путь, ведущий от теории к эксперименту, от ненужных и искусственных допущений, чтобы охватить все более обширную область фактов, мы должны делать цепь все длиннее и длиннее. Чем проще и фундаментальнее становятся наши допущения, тем сложнее математическое орудие нашего рассуждения; путь от теории к наблюдению становится длиннее, тоньше и сложнее. Хотя это и звучит парадоксально, но мы можем сказать: современная физика проще, чем старая физика, и поэтому она кажется более трудной и запутанной. Чем проще наша картина внешнего мира и чем больше фактов она охватывает, тем сильнее отражает она в наших умах гармонию Вселенной»<sup>1</sup>.

В основе математического аппарата физической теории лежит основная хроногеометрическая модель и соответствующая ей фундаментальная группа преобразований. Следовательно, усложнение математического аппарата, о котором говорит Эйнштейн, касается прежде всего геометрической части описания ( $\Gamma$ ). Именно такая ситуация реализовалась в ОТО, в основе математического аппарата которой лежит формализм римановой геометрии и тензорного анализа, а фундаментальной группой является группа любых гомеоморфных преобразований. С другой стороны, физическая часть описания ( $\Phi$ ) включает в себя основные принципы негеометрического характера и, следовательно, с развитием теории должна упрощаться. Все это говорит о том, что более простая физическая теория в указанном выше смысле должна содержать по возможности более простую негеометрическую часть даже за счет усложнения геометрической. Всеобъемлющая простота физической теории согласуется со сложностью хроногеометрической модели, но требует простоты негеометрической части описания. Последняя является критерием как адекват-

---

<sup>1</sup> А. Эйнштейн и Л. Инфельд. Эволюция физики.— А. Эйнштейн. Собрание научных трудов, т. 4, стр. 492—493.

ности описания в целом, так и адекватности его отдельных компонент, в частности ( $\Gamma$ ).

Одно из оснований для предпочтения более простого описания более сложному состоит в том, что более простая теория является содержательно более общей<sup>1</sup>. Чем меньшее число исходных положений объясняет те же самые факты, тем более общими являются эти положения, тем большее число неизвестных фактов они могут объяснить в будущем. Но вместе с тем оказывается, что путь от теории к опыту становится более сложным, а это выражается в более сложном математическом аппарате.

Из сказанного следует, что проблема простоты теоретического описания тесно связана с проблемой его универсальности. Более того, степень общности описания (в том числе пространственно-временного) также может рассматриваться как один из критериев его адекватности.

Очевидно, пространственно-временное описание должно быть универсальным в том смысле, что оно должно охватывать класс всех физических объектов, описываемых данной теорией, и не зависеть от *качества* рассматриваемых объектов. Так, не имеет смысла вводить геометрию, зависящую от того, из какого металла сделаны рассматриваемые нами объекты, каков их коэффициент объемного расширения и т. д. Характер геометрии может быть связан лишь с *универсальными* физическими характеристиками, какой, например, согласно ОТО, является масса. Но такого аспекта универсальности оказывается еще недостаточно для выбора адекватной геометрии, так как всегда можно предложить несколько геометрий, удовлетворяющих этому критерию. Так, ему удовлетворяет и евклидова геометрия, принятая в ньютоновской теории гравитации, и риманова геометрия, принятая в ОТО. Каким же образом, произвести выбор среди возможностей, подобных этим?

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо вновь перейти от анализа геометрической части описания *как таковой* к рассмотрению теоретического описания *в целом*. Адекватность описания в целом (а тем самым и его геометрической компоненты) определяется в значитель-

<sup>1</sup> В. Н. Костюк. Роль принципа простоты в естественнонаучных теориях. — «Вопросы философии», 1964, № 5, стр. 80.

ной мере тем, насколько данное описание обладает способностью к обобщению, к расширению исследования на все новые области физических явлений. Так, теория Лоренца не вышла за пределы электродинамики движущихся тел, тогда как теория относительности приобрела универсальное значение, легла в основу всей современной физики и космологии. Все это говорит о том, что важное методологическое значение имеет не только степень общности теории, но и потенциальные возможности ее дальнейшего развития.

Однако указанные выше критерии адекватности пространственно-временного описания, конечно, не могут рассматриваться как исчерпывающие. Простота не является критерием истинности и в лучшем случае может служить эвристическим инструментом в исследовании. Способность теоретического описания к дальнейшему развитию и обобщению выясняется достоверным образом лишь «задним счетом», лишь после того, как это обобщение уже произведено, а заранее может оцениваться лишь нестрого в связи с эволюцией физической картины мира. Поэтому необходимы дополнительные методологические критерии адекватности описания.

Возникает вопрос: не легче ли установить *неадекватность* пространственно-временного описания, чем его *адекватность*? Прежде всего необходимо выяснить, можно ли в принципе фальсифицировать геометрическую часть описания с помощью эксперимента.

Как известно, с принципиальной точки зрения гораздо легче опровергнуть теоретическое описание, чем обосновать его истинность. Если из теории Т вытекают наблюдаемые следствия 0, то истинность Т не следует из истинности конъюнкции<sup>1</sup>:

$$(T \rightarrow A) \cdot 0 \quad (\text{верификация})$$

С другой стороны, ошибочность Т автоматически следует из истинности конъюнкции:

$$(T \rightarrow 0) \cdot \sim 0 \quad (\text{фальсификация})$$

<sup>1</sup> В дальнейшем мы будем использовать терминологию А. Грюнбаума. См. А. Грюнбаум. Философские проблемы пространства и времени, гл. 4.

Это обстоятельство было положено в основу известного принципа фальсифицируемости К. Поппера<sup>1</sup>. Оно подчеркивается не только философами, но и многими естествоиспытателями (Д. Бомом, Р. Фейнманом, В. Л. Гинзбургом и другими).

Однако даже фальсификация теории сталкивается со следующей серьезной трудностью. Теория Т не представляет собой некое неделимое целое, она может быть рассмотрена, в частности, как некоторая гипотеза Н, дополненная системой вспомогательных допущений А. Пусть гипотеза Н — это предположение о наличии определенной геометрии Г, а система допущений А — негеометрическая компонента теории Ф. Тогда верификация и фальсификация теории изобразятся следующим образом:

$$\begin{aligned} &[(\Gamma \cdot \Phi) \rightarrow 0] \cdot 0 && \text{(верификация)} \\ &[(\Gamma \cdot \Phi) \rightarrow 0] \cdot \sim 0 && \text{(фальсификация).} \end{aligned}$$

Мы видим, что, строго говоря, фальсифицируется лишь конъюнкция ( $\Gamma, \Phi$ ), но не геометрия Г сама по себе. Следовательно, возникает предположение, что даже в случае, если теория противоречит опыту, можно сохранить Г неизменным, скорректировав соответствующим образом Ф. «Дополнительность» в смысле Пуанкаре в том и состоит, что каковы бы ни были опытные факты, всегда можно произвести эту корректировку и сохранить геометрическую часть описания неизменной. Такая ситуация, казалось бы, подрывает возможность не только верификации, но и сепаратной фальсификации Г.

А. Грюнбаум пытается выйти из этого затруднения следующим образом<sup>2</sup>. Из отсутствия однозначной фальсификации ( $\Gamma$ ) еще не следует, что ее можно приспособить к любому возможному опыту. Последнее не было доказано сторонниками конвенционализма. Более того, А. Грюнбаум настаивает на *сепаратной фальсифицируемости* ( $\Gamma$ ), опираясь на постулируемую им возможность однозначного установления на опыте особенностей негеометрической части физики Ф. Для иллюстрации этого утверждения А. Грюнбаум приводит такую схему:

<sup>1</sup> K. R. Popper. The logic of scientific discovery. L., 1960.

<sup>2</sup> См. А. Грюнбаум. Философские проблемы пространства и времени, стр. 130, 170 и др.

$$\{(\Gamma \cdot \Phi) \rightarrow 0\} \cdot \sim 0 \cdot \Phi] \rightarrow \sim \Gamma$$

Иными словами, если предположить, что  $\Phi$  истинно, то и геометрия  $\Gamma$  фальсифицируется сепаратно.

Из этих двух утверждений А. Грюнбаума первое, несомненно, верно, тогда как второе небезупречно. В самом деле, можно согласиться с тем, что отсутствие строго однозначной фальсифицируемости  $(\Gamma)$  — это одно утверждение, а возможность сохранить геометрию, каковы бы ни были опытные факты, — совсем другое, гораздо более сильное. Если неадекватность  $(\Gamma)$  станет достаточно явной, ее фальсификация рано или поздно окажется возможной (например, в том случае, когда дальнейшая корректировка негеометрической части описания при сохранении  $(\Gamma)$  ведет, как об этом будет сказано ниже, к логической противоречивости описания). С другой стороны, та схема фальсификации  $(\Gamma)$ , которую приводит А. Грюнбаум, представляется нам по меньшей мере спорной. Ведь в отношении негеометрической части описания тоже можно высказать аналогичные утверждения о трудностях сепаратной верификации и фальсификации. Истинность  $\Phi$  «самой по себе» (без геометрии) тоже может оказаться невозможна непосредственно проверить опытным путем.

Проиллюстрируем сказанное на следующем примере. Пусть имеются два теоретических описания:  $(\Gamma_1) + (\Phi_1)$  и  $(\Gamma_2) + (\Phi_2)$ . Первое — ньютонаева теория тяготения, так что  $(\Gamma_1)$  — евклидова геометрия. Второе — ОТО, так что  $(\Gamma_2)$  — риманова геометрия. Мы знаем, что  $(\Gamma_1) + (\Phi_1)$  фальсифицировано (достаточно вспомнить хотя бы о том, что ньютонаева теория не дает наблюдаемого поворота перигелия Меркурия). Следует ли отсюда однозначно, что евклидова геометрия неверна? Отнюдь нет! Существуют линейные теории гравитации, которые, не выходя за пределы евклидовой геометрии, описывают практически те же факты, что и ОТО, ценой соответствующей корректировки  $(\Phi_1)$ <sup>1</sup>. Эти описания имеют, следовательно, вид  $(\Gamma_1) + (\Phi_1)$ .

<sup>1</sup> См. напр., В. Л. Гинзбург. Экспериментальная проверка общей теории относительности. Эйнштейн и развитие физико-математической мысли. М., Изд-во Акад. наук СССР, 1962;

C. D. Birkhoff. Matter, electricity and gravitation in flat Space-time. Proceed. Nat. Acad. Sc., vol. 29, № 8, 1943, p. 231—239.

Таким образом, вопрос о фальсификации геометрической компоненты теоретического описания, подобно вопросу о ее верификации, является достаточно сложным. Выход из положения состоит в том, что удается сформулировать достаточно четкие методологические критерии неадекватности пространственно-временного описания. Ниже будет дана краткая характеристика этих критериев, дополненная некоторыми пояснениями.

1. *Каузальные аномалии*. Как было показано Рейхенбахом<sup>1</sup>, использование геометрической модели с неадекватной топологией приводит к появлению в описании каузальных аномалий. Сопоставление двух множеств с различной топологией ведет к нарушению взаимной однозначности или непрерывности отображения, а на уровне физического рассмотрения — к возникновению каузальных аномалий. Можно выделить три типа таких аномалий: (а) *Нарушение принципа близкодействия*; (б) *Нарушение релятивистской причинности*; (в) *Возникновение физических объектов «из ничего» или их исчезновение «в ничто»*. Для иллюстрации аномалий типа (а) достаточно рассмотреть описание пространства с одной топологической связностью с помощью геометрической модели с другой связностью<sup>2</sup>. Аномалии типа (б) могут возникнуть в том случае, если в описании нарушена не только топологическая структура пространства, но и топология времени. Наконец, аномалии типа (в) могут возникнуть, скажем, в случае использования в описании геометрической модели с неадекватной размерностью.

Можно показать, что каузальные аномалии свидетельствуют либо о неадекватности наших пространственно-временных (но не причинных) представлений, либо о необходимости изменения как пространственно-временного, так и причинного описания. В последнем случае мы сталкиваемся с новой областью физических явлений, которой свойственна качественная специфика как пространственно-временных, так и каузальных отношений.

2. *Объективные аномалии*. Под «объективными ано-

<sup>1</sup> H. Reichenbach. The philosophy of Space and time. N. Y., 1958.

<sup>2</sup> Там же, стр. 80.

малиями» понимаются аномалии в представлениях о физических объектах и их основных свойствах. Вряд ли стоит напоминать о том, сколь большую роль играет хроногеометрическая модель в выработке модельных представлений о физических объектах и в формулировании основных теоретических понятий. Физические объекты, как правило, мыслятся на соответствующем пространственно-временном фоне, а их свойства формулируются с явным или неявным использованием геометрических терминов, так как в основе теории обычно лежат пространственно-временные постулаты. Поэтому существенная неадекватность хроногеометрической модели неизбежно влечет за собой парадоксы в представлениях о физических объектах и их основных физических характеристиках. Это обстоятельство легко понять и с точки зрения принципа «дополнительности» физики и геометрии. В самом деле, существенная неадекватность ( $\Gamma$ ) может не привести к противоречию с опытом лишь в том случае, если внести существенные коррективы в ( $\Phi$ ), а последние зачастую носят парадоксальный характер.

Укажем следующие три типа объектных аномалий:  
(а) Появление в описании ненаблюдаемых объектов;  
(б) Нарушение свойства самотождественности физических объектов; (в) Выход значений физических величин в нефизические области. Дадим краткую характеристику аномалий этих трех типов.

Если геометрическая часть описания неадекватна, это может выразиться в ненаблюдаемости некоторых сторон описания. В самом деле, поскольку хроногеометрическая модель не соответствует действительности, она не обязана удовлетворять необходимым критериям существования, в частности критерию наблюдаемости<sup>1</sup>. Но ненаблюдаемость пространственно-временных отношений ведет к допущению ненаблюдаемых физических объектов. Так, принятие абсолютного пространства в теории Лоренца предполагает существование ненаблюдаемого эфира, а ненаблюдаемость ультрамалых пространственно-временных интервалов в квантовой теории поля ведет

<sup>1</sup> См. А. М. Мостепаненко. Пространственно-временное описание и принцип наблюдаемости. Тезисы докладов и сообщений на Всесоюзной научной конференции-семинаре. «В. И. Ленин и философские проблемы физики». М., «Знание», 1969, стр. 40.

к ненаблюдаемости внутренней структуры элементарных частиц и к представлениям о виртуальных процессах.

Неадекватность пространственно-временного описания может также повлечь за собой нарушение *самотождественности* предполагаемых физических объектов. Механизм возникновения этой аномалии сходен с механизмом возникновения каузальных аномалий. Как известно, некоторые парадоксы тождества и различия возникают в квантовой механике (неразличимость одинаковых частиц и другие), что может быть истолковано, как один из признаков неадекватности пространственно-временного описания.

Наконец, скажем несколько слов по поводу такой объектной аномалии, как выход значений физических величин в нефизические области. Оказывается, что неадекватная геометрическая модель приводит не только к парадоксам в модельных представлениях о физических объектах, но и к парадоксальным особенностям их физических характеристик. В частности, эти характеристики приобретают такие численные значения, которые по общему убеждению не могут иметь никакого физического смысла. Например, массы и другие характеристики частиц становятся мнимыми или бесконечными, вероятности приобретают отрицательные значения и т. д. Теоретический расчет основных физических величин тесно связан с принятой хроногеометрической моделью, так что существенная неадекватность последней не может не отразиться на значениях самих этих величин. Например, не исключено, что возникновение бесконечностей в квантовой теории поля связано с неправомерным допущением о непрерывности микропространства, тогда как использование в описании аппарата дискретного пространства позволяет устранить бесконечности.

3. *Дескриптивные аномалии.* Рассмотрим теперь третью, последнюю группу аномалий, связанную с некоторыми формальными свойствами описания. Дело в том, что в случае неадекватной хроногеометрической модели теоретическое описание приобретает целый ряд характерных признаков, по которым можно обнаружить эту неадекватность. Особо важная роль геометрических постулатов в логической структуре физической теории приводит к тому, что в случае неадекватного пространственно-временного описания затрагивается вся логическая

структуре теории и, по существу, меняется весь характер описания. При этом могут возникнуть следующие три типа аномалий: а) *Сложность и искусственность негеометрической части описания.* (б) *Неполнота описания.* (в) *Логическая противоречивость описания.*

В предыдущем изложении было показано, что простота негеометрической части описания является одним из признаков его адекватности. Напротив, сложность и искусственность ( $\Phi$ ) свидетельствует о неадекватности как пространственно-временного описания, так и всего описания в целом. В самом деле, неадекватность ( $\Gamma$ ) требует соответствующей корректировки ( $\Phi$ ) и, как правило, ее значительного *усложнения*. Последняя выражается прежде всего в увеличении числа физических понятий и принципов, лежащих в основании теории, а также во введении в описание большого количества понятий *ad hoc*.

Сложность и искусственность описания выражаются и в некоторых других признаках. Среди них — нарушение непосредственной связи его физической и геометрической компонент и необходимость для искусственного восполнения этого пробела использовать сложный математический формализм без явного физического смысла. Неадекватность хроногеометрической модели может также привести к *неполноте* описания. Если ( $\Gamma$ ) неадекватна, например, обладает недостаточной информационной емкостью, некоторые аспекты физической реальности могут остаться за пределами описания.

Наконец, крайним выражением неадекватности хроногеометрической модели является *логическая противоречивость* описания. Стремление любой ценой сохранить привычные пространственно-временные представления ведет в соответствии с принципом «дополнительности» геометрии и физики сначала к особой сложности и искусственности ( $\Phi$ ), а затем, когда эта сложность переходит определенную меру, к появлению в теории логических противоречий. Корректировка одной части описания с целью компенсировать неадекватность другой его части не может совершаться беспредельно. Рано или поздно описание либо начинает явно противоречить опыту, либо становится логически противоречивым. Эти признаки, конечно, являются решающими показателями неадекватности описания.

Общий вывод из произведенного рассмотрения состоит в том, что имеется достаточно признаков, в своей совокупности позволяющих достоверно установить факт адекватности или по меньшей мере неадекватности пространственно-временного описания. Чрезвычайно важная методологическая задача — проанализировать с точки зрения этих признаков, современные физические теории, в особенности относящиеся к микрофизике и космологии, и оценить адекватность (или неадекватность) применяемых в них пространственно-временных представлений. Кроме того, весьма интересно сравнение по этим критериям конкурирующих друг с другом физических теорий и оценка перспектив той или иной из них. Эти вопросы требуют самостоятельного серьезного исследования.

---



**19 коп.**